

HƏSƏNOV Q. Ə.

**YÜKSƏK GƏRGİNLİKLƏR VƏ ELEKTRİK
İZOLYASIYA TEXNİKASI**



HƏSƏNOV Q. Ə.

**YÜKSƏK GƏRGİNLİKLƏR VƏ ELEKTRİK İZOLYASIYA
TEXNİKASI**

Dərslik

Əvvəlki çapına əlavələr edilmişdir

**Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirinin
10.07.2009-cu il tarixli, 929 sayılı əmri ilə
dərslik kimi təsdiq edilmişdir**

BAKİ-2017

UOT 621.3.048.015.3 (075.8)

HƏSƏNOV QARA ƏBDÜLƏZİM O.

2017 – cı il, 430 səhifə

Təqdim olunan kitab yüksək gərginliklər və elektrik izolyasiya texnikasının praktikaya yaxın olan bir çox ümumi-nəzərə məsələlərini əhatə edir. Kitabda qaz, maye və bərk izolyasiya materiallarında yüksək gərginliklər təsirindən baş verən elektrik-fiziki proseslər ətraflı analiz edilir. Müxtəlif forma və ölçülərə malik olan elektrod sistemlərində elektrik sahəsinin yaranması, təhrif olunması, idarə və tənzimlənmə məsələləri öyrənilir. Daxili və xarici ekranların uyğun elektrik sahəsinə görə müxtəlif konstruksiyaları hesablanır.

Dərslikdə kabellər, elektrik ötürücü hava xətləri (HX), transformator, açar və ayırıcıların izolyasiya və keçirici elementlərinin elektrik və istilik sxemlərinin nəzəri əsasları verilir. Kabellərin ənənəvi yağ-kağız və tikilmiş polietilen (TPE) izolyasiyalı yeni markaları və onların montaj armaturları analiz edilir.

Elektrik ötürücü HX-də elektrik-maqnit keçid prosesləri və qısa qapanma (QQ) hesablarının integral tənliklərin tətbiqi ilə yeni üsulları verilir.

Kitab Ali Texniki məktəblərin Elektrik Energetika və Elektro mexanika mühəndisliyi üzrə təhsil alan tələbələr və mühəndislər üçün nəzərdə tutulur.

“Elektrik təchizatı və izolyasiyası”

Kafedrasının dosenti tex. e. n.

- Sadıqov Q. S.

Azərenerji ASC “Enerji istehsalı idarəsi”nin

Baş mühəndisi tex. e. n., baş elmi işçi

- Nəbiyev X. İ.

Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası

“Elektrotermiki qurğular və Yüksək gərginliklər texnikası” kafedrasının

dosenti, tex.e.n.

– Səfiyev E. S.

Elmi redaktor : Tex. e. d., prof.

- Lazimov T. M.

MÜNDƏRİCAT

Giriş	9
1.Qaz izolyasiyasında elektrik-fiziki proseslər	11
1.1 Qazlarda hissəciklərin hərəkəti	11
1.2 Qazlarda yüklü hissəciklərin yaranması və yox olması.	15
1.3 Elektrodlar arasındakı mühitdə yüklü hissəciklərin sayı və ölçüləri	20
1.4. Elektrik-fiziki proseslərdə yaranan müsbət və ionlar	21
1.5.Sabit və dəyişən gərginliklərdə hava aralıqlarının dəşilməsi.	23
2.1. Dielektriklərin elektrik keçiricilikləri.	28
2.2. Ümumi məlumat	28
1.2.3.Qazlarda elektrik keçiriciliyi	33
1.2.4. Maye dielektriklərin elektrik keçiriciliyi.	30
1.2.5. Maye izolyasiyada digər elektrik prosesləri.	32
1.2.6. Bərk dielektriklərin elektrik keçiriciliyi.	41
1.3. Polyarizasiya və dielektrik itkiləri	44
1.3.1. Yerdəyişmə və miqrasiya polyarizasiyası	44
1.3.2.Dielektrik itkiləri	52
2. Qurğu və konstruksiyaların elektrik sahələri	54
2.1.1.Bircinsli və qeyri bircinsli elektrik sahələri.	55
2.1.2.Bircinsli sahələrin qeyri bircinsli xarakterə keçməsi. Kəskin qeyri bircinsli elektrik sahələrində boşalma.	58
2.1.4. Elektrik sahələrinə elektrodların səthinin əyriliklərinin təsiri	60
2.2. Xarici izolyasiya	69
2.2.1.Xarici izolyasiyada havanın rolu. İzolyatorlar.	49
2.2.2.Xarici izolyasiyanın növləri	52
2.2.3.Xarici izolyasiyanın sınaqları və sınaq üsulları.	58
2.2.4.Nəmlənmə və çirklənmə şəraitində izolyatorların işləməsi.	61
2.2.5.İzolyatorların elektrik və mexaniki möhkəmliklərinə görə təyin edilən forma və ölçüləri.	64
2.3 Elektrik qurğularının xarici izolyasiyasına atmosfer təsirləri.	68
2.3.1.Atmosfer şəraitlərində sınaq gərginlikləri	74
2.3.2. Çirklənmə və nəmlənmənin xarici izolyasiyaya təsiri	76
2.3.3 İstismarda dəşilmə gərginliklərinin azalması	77
2.4.1.Xətt izolyasiyasının normativ sənədlərə görə seçilməsi	83
2.4.2. Asma xətt izolyator zəncirinin mexaniki hesabı.	87
2.4.3. İzolyasiya zəncirinin elektrik sxemi və tənlikləri	90
2.4.4. Faz gərginliklərinə görə məftillərdəki elektrik yükü və sahə gərginliklərinin hesablanması.	96
2.5.1.Qaz tərkibli izolyasiyalar.	99
2.5.2.Yüksək təzyiqlərdə qaz aralığının boşalma gərginliyi.	100
2.5.3. Qaz izolyasiyası qeyribircinsli elektrik sahəsində.	102

2.5.4. Qaza izolyasiyalı qapalı queğular	116
3. Elektrik sahəsinin tənzimlənməsi və idarə olunması	88
3.1.1. Ekranların tətbiqi və hesablatları.	88
3.1.2. İzolyasiya konstruksiyaları boyu ESG paylanması. İki və çox saylı ekranlarla bərabərləşdirilməsi	94
3.1.3 İzolyasiya konstruksiyalarında məcburi gərginlik paylanması	95
3.2.1 izolyatorların xarici səthində ESG-nin yarımkeçirici örtükləri vasitəsilə tənzimlənməsi.	99
3.2.3. Keçid izolyatorlarının səthi keçiriciliyi ilə ESG-nin tənzimlənməsi.	103
4. Daxili izolyasiya	108
4.1.1 Daxili izolyasiyada kondensator köynəkləri ilə ESG-in tənzimlənməsi.	104
4.1.2. Kombin edilmiş izolyasiya tərkibləri.	108
4.1.3. Bərk izolyasiyanın elektrik, mexaniki və istilik xassələri.	109
4.1.4. Daxili izolyasiyanın istilik və nəmlənmə təsirindən köhnəlməsi Elektrokimyəvi dəşilmə.	110
4.1.5. Bərk izolyasiyanın “yaşama” əyrisi.	111
4.1.6. Yağ-kaşız izolyasiyasında gərginlik paylanmasının hesablatları.	113
4.1.7. Kaşız əsaslı çoxqatlı izolyasiyanın elektrik möhkəmliyinin artırılması yolları	118
4.1.8. Mayelərdə bərk izolyasiyanın səthi boşalmaları.	164
4.2.1. Qismi boşalamaların təsiri	172
4.2.2. Qismi boşalamaların xarakteristikaları və hesablatları.	173
4.3.1. Yüksək gərginlikli girimlərin əsas və kritik hesablat parametrləri.	178
4.3.2. Kağız bakelit və yağ kağız izolyasiyalı girimlərin elektrik və konstruktiv hesablatları.	129
4.3.3. Yağ baryer izolyasiyalı girimlərin elektrik hesablatları.	133
4.3.4 Keçid izolyatorlarının sınaqları və profilaktikası	134
5. Atmosferdə elektrik yükləri	136
5.1.1. İldırım buludların yaranması	137
5.1.2. İldırım elektrik parametrləri İldırım ifrat gərginlikləri	138
5.1.3. İldırım boşalmalarının etinal parametrləri	141
5.1.4. İldırım aktivlikli ərazilərdə xüsusi boşalmaların sayı.	142
5.1.5. Kürəvi ildırımlar	142
6. Elektrik qurğu və aparatların izolyasiyası	143
6.1.1. Yüksək gərginlik açarları	153
6.1.2. Vakuüm qövssöndürücü kameralar VQK.	154
6.1.3. Vakuümde qövşün sönməsi.	196
6.1.4. VQK kontaktlarının konstruksiyası	201
6.1.5. Açarlarda bərpa olunan elektrik keçid prosesləri	206
6.1.6. Açarların kommutasiya qabiliyyətinin normallaşdırılması	209

7. Tac hadisələri və onların təsirləri.	213
7.1.1. Tac boşalma xarakteristikaları.	214
7.1.2. Elektrik veriliş xətt məfəllərində taclanma	256
7.1.3. Yerli taclanmalarda yaranan güc itkiləri	158
7.1.4. Şaxələndilmiş xətt məfəllərinin səthində elektrik sahə gərginlikləri.	161
7.2.1. İfrat gərginliklərdə hava aralığının boşalması. Volt-sanyə xarakteristikaları	162
7.2.2. Xarici izolyasiyanın sınaqları və sınaq üsulları.	164
7.2.3. Hava xətlərinin ildırım mühafizəsi.	165
7.2.4. Trossuz xətlərin ildırım dayanıqlığı.	169
7.2.5. İnduksiya ildırım gərginliyi.	171
7.2.6. Troslu xətlərin ildırım mühafizəsi.	173
7.3. Ayırıcılar.	178
7.3.1. Ayırıcıların növləri və konstruksiya elementləri	248
7.3.2. Ayırıcıların izolyasiya hesabatları.	250
7.3.3. Ayırıcıların dayaq izolyatorları və izolyasiya sütunlarının hesabı.	262
7.3.4. Çoxelementli izolyator sütunlarında gərginliyin paylanma hesabı	267
8. Torpaqlama	271
8.1. Torpaqlama, Əhəmiyyəti və tikinti qaydaları	280
8.1.1. Torpaqlayıcıların impuls rejimlərində hesabatları	283
8.1.2. Torpaqlayıcıların elektrik sahəsinə görə hesabatları.	286
9. Hava xətlərində yaranan qısa qapanma ifrat gərginlikləri.	289
9.1.1. Qılgılıcının qövs boşalmasına keçmə şərti.	289
9.1.2. Elektrik xətlərində yaranan qövsün öz-özünə sönmə şərtləri.	289
9.1.3. Neytralı izolə edilmiş şəbəkələrdə qövs qapanmaları. Qövs söndürücü sarğacaların təsiri.	293
9.2.1. Elektrik verilişlərində qararlaşmış ifrat gərginliklər.	278
9.2.2. Tutum effekti. Taclanma hadisələrində tutumun dəyişməsi	281
9.2.3. Reaktorlar və onların təsiri	284
9.2.4. Kommütasiya ifrat gərginliklərin reaktorla məhdudlaşdırılması	287
10. İzolyasiyanı koordinasiyası və sınaqlar	312
10.1.1. Ümumi anlayışlar.	319
10.1.2. Profilaktik sınaqların əsas məsələləri	320
10.1.3. Profilaktik sınaq üsulları	320
10.1.4. Absorbsiya hadisəsi. İzolyasiyaya nəzarət.	322
10.1.5. Yüksək gərginlikli sınaq qurğuları	326
11. İzolyasiya mühafizəsinin əsas prinsipləri.	329
11.1.1. Mühafizə üsulları. Qurğu və aparatlar.	332
11.1.2. Boru boşaldıcıları	334
11.1.3. Qeyri xətti ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcıları QXGM (İGM).	245
11.1.4. İldırımdan mühafizənin ildırımötürən qurğuları.	246

12. Yüksək gərginlikli güc kabelləri. Kabel muftaları	247
12.1.1. Yüksək gərginlik kabelləri və muftalar haqqında ümumi məlumat .	247
12.1.2. Kabel xətləri Kabellərin növləri və markaları	248
12.1.3. Yüksək gərginlikli kabel muftalarının elektrik hesabı	256
12.1.4. Muftaların elektrik sahə gərginliklərinin hesabı qiymətləri	259
13.1.5. Sonluq muftasının xarici xarici izolyasiyasının hesabı.	260
13.1.6. Sonluq muftalarının daxili izolyasiyasının hesabı.	262
13.1.7. Kondensator tipli daxili izolyasiyanın hesabı.	264
13.1.8. Kondensator köynəyinin ölçülərinin hesablanması	269
13.1.9. TPE izolyasiyalı tək damarlı güc kabelləri	272
13.1.10. Müxtəlif kabellər üçün itilikdən büzüşən muftalar	349
14. İfrat gərginliklərin hesablanması xüsusi üsulları.	351
14.1.1. Kommütasiya tipli daxili ifrat gərginliklər	353
14.1.2. Elektrik ötürücü xətlərin simmetrik kommutasiya rejimlərində gərginlik və cərəyan hesabları	356
14.1.3. Yüksüz xətlərin qoşulmasında yaranan ifrat gərginliklər.	358
14.1.4. İki pilləli açarlarla gedən kommutasiyaların analizi	360
14.1.5. İntegral tənliklər üsulu ilə məsələnin analitik həlli	363
14.1.6. Kiçik induktiv və tutum cərəyanlarının açılma xüsusiyyətləri. . . .	388
15. Daxili ifrat gərginliklərin xüsusi məsələləri.	391
15.1.1. İntegral tənliklər və bükülmə teoreminin tətbiqi.	392
15.1.2. İqlim dəyişmələri şəraitində aktivləşən ildırım ifrat gərginliklərinin hesabı.	392
15.1.3. İntegral çevirmələr metodu ilə qövs proseslərinin hesabı.	398
15.1.4. Bırfaz torpaq QQ-da bərpa olunan gərginliyin hesabı.	419
15.1.5. Üçfazlı effektiv torpaqlanmış şəbəkədə QQ hesabları	423
16. Güc transformatorlarının izolyasiyası	430
16.1.1. Transformatorlar və avtotransformatorlar.	439
16.1.2. Transformator izolyasiya konstruksiyası	440
16.1.3. Qısa müddətli elektrik möhkəmliyi	442
16.1.4. Transformator dolaqlarının uzununa izolyasiyası	445
16.1.5. Transformatorun uzununa izolyasiyasının elektrik möhkəmliyi . . .	449
16.2.1. Transformator izolyasiyasında qismən boşalmalar	451
16.2.2. Qismən boşalmaların intensivliyi.	451
16.2.3. İzolyasiyada qaz ayrılması və deşilmələr	452
16.2.4. Yağ-baryer izolyasiyasının elektrik möhkəmliyi və hesabları. . . .	433
16.2.5. Güc transformatorlarının izolyasiya konstruksiyaları.	444
16.2.6. Transformator izolyasiyasının sınaqları və istismarı	460
17. Yüksək gərginliklərin ekoloji və texniki-iqtisadi məsələləri	443
17.1.1. Enerji sistemlərinin ətraf mühitə ekoloji təsirləri	445
17.1.2. Elektrik şəbəkə və qurğularının texniki-iqtisadi göstəriciləri. . . .	447

17.1.3Elektrik izolyasiya konstruksiya və elementlərinin texniki-iqtisadi göstəriciləri	448
17.1.4. Kabellər və onların elektrikmontaj qaydaları	450
17.1.5.110 kV kompozit tərkibli “Rayxem” muftaları	452
Послесловие	459
AFTERWORD	460
İstifadə olunan texniki ədəbiyyatlar.	460

GİRİŞ

Yüksək gərginliklər (YG) və elektrik izolyasiya texnikası (EİT)-nın problemləri arasında hər zaman aktual və maraqlı məsələlər olmuşdur və olacaqdır. 180 ilə yaxındır ki, bu fənnin elmi-praktiki sahələri bəşəriyyətin enerji ehtiyaclarının ödənməsi, o cümlədən enerjinin alınması çevrilməsi və şəbəkələrdə paylanması böyük əhəmiyyət daşıyır və etibarlılıq xarakteristikalarını təyin edir.

Yükəsk gərginliklər və elektrik izolyasiya istiqamətində aparılan elmi-nəzəri araşdırmalar “Elektrotexnika”, “Riyaziyyat”, “Fizika”, “Kimya”, “Dövrələr nəzəriyyəsi”, “Hesablama texnikası”, “Mexanika” və digər fundamental fənnlər üzərində qurulur.

YG problemlərinin həlli böyük kapital qoyuluşları ilə bağlı olduğundan, elmi-texniki tətbiq sahələrinə görə üstün yer tuturlar. Onların optimal və doğru həlli aktualdır. Çox hallarda bu istiqamətlərdə elmi-texniki məsələlərlə yanaşı başqa problemlər də meydana çıxır. Məsələn, güclərin artımı və paylayıcı şəbəkələrin inkişafı və düzgün qurulması üçün 6(10)-35 kV-luq şəbəkələrin neytral rejimlərinin yenidən işlənməsi problemi yaranır. Bu isə, şəbəkə qurğu və aparatların iş rejiminin dəyişdirilməsi, 6(10)-35 kV minlərlə transformatorların yenidən qurulması ilə bağlı məsələyə gəlir. Onlar istehsalat tələbatı və həlli vacib olan Dövlət əhəmiyyətli iqtisadi məsələlərə çevrilir. Son illərdə şəhərsalma planları ilə əlaqədar, elektrik ötürücü hava xətlərinin EÖX, kabel xətləri ilə əvəz edilməsi kimi işlərin görülməsi lazım olur. Digər tərəfdən 20 ilə yaxındır ki, 6(10)-35 kV gərginlikli yağ açarlarının daha keyfiyyətli vakuum açarları ilə dəyişdirilməsi də bu qəbildən olan məsələlərdəndir. Bu məsələlər milyonlarla vəsait tələb edir.

Neytralin göstərilən quruluşları 35 kV-a qədər şəbəkələrdə izolyasiya səviyyəsinin fazlası gərginliyə, 110 kV –dan yuxarı gərginliklərdə isə fazla yer arasında olan izolyasiya səviyyəsinə hesablanır. Belə elmi-texniki problemlər çoxdur. Ona görə bu məsələlərin həllinə dair hər bir Ölkənin xüsusi yanaşma tərzini və uyğun proqramları olur.

Gərginliklər yüklərin müəyyən nöqtələrində yaratdığı elektrik potensialları kimi təsir edirlər. Potensialların biri-birinə nəzərən qiymət və işarə fərqləri olmadıqda bu yükləri hiss etmək olmur. Arada yaranan fərq “Potensiallar fərqi” və həmin məsafəyə düşən gərginlik “Elektrik sahə gərginliyi” ESG adlanır. Yer səthi və onu əhatə edən atmosfer təbəqəsinin normal halda 150 V/m ESG-yə malik olduğu hiss edilmir. Lakin bir tərəfdən bu yüklər çəkilərsə, onda fərq hiss edilər və bu hadisə canlılar üçün təhlükəyə çevrilir. Bununla belə hazırda, nəzəri işlənmiş ekranlar və texniki vasitələrin köməyiylə, 220-500 kV elektrik şəbəkələri və hava xətlərində gərginlik altında montaj-demontaj işlərinin aparılması mümkün olmuşdur.

Yükəsk gərginliklər 1 kV-dan yuxarı gərginliklər 6, 10, 35, 110, 220, 330, 500, 750 kV və s. standart siniflərə bölünür. Hər gərginlik sinfinə uyğun elektrik avadanlıqları və onların müvafiq elektrik, maqnit, istilik, mexanik və digər standart parametrlər mövcuddur. Müxtəlif ölkələrdə bu standartlar qismən fərqlənir: -VDE-Alman, BC- İngilis, TSE-Türk, ГОСТ-Rus. Lakin yüksək gərginlik qurğu və avadanlıqlarına olan tələblərə görə onlar biri-birinə çox yaxındırlar. Ona görə son zamanlar yüksək gərginliklərin bir sıra sahələrində Beynəlxalq Elektrotexnika Kommissiyasının “BEK” standartları qəbul edilir. Elektrik şəbəkələrində işləyən izolyasiya hissələri nominal gərginliklərə görə kommutasiya ifrat gərginliklərinə uyğun səviyyəyə malik olmalıdırlar. İzolyasiyada elektrik-fiziki və kimyəvi proseslərin əsas səbəbi, ESG, istilik və nəmliyin artımlarıdır.

İzolyasiya səviyyələri və onların real işləmə tərzini bir çox amillərdən asılıdır. İzolyasiyanın koordinasiyası, onun təsir edən gərginlik və mühafizə qurğusunun xarakteristikası ilə uzlaşdırılmasıdır. Təsir edən gərginliklər kimi kommutasiya və atmosfer ifrat gərginlikləri istifadə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, 330 kV–a qədər izolyasiya səviyyəsi və koordinasiyası üçün, əsasən atmosfer impulsları, daha yüksək gərginliklərdə isə kommutasiya ifrat gərginlik impulsları istifadə edilir.

İzolyasiyanın real şəraitlərdə etibarlı işləməsi üçün 50-yə yaxın şərt və tələblər qoyulur. Açıq atmosfer şəraiti, kimyəvi aqressiv mühit, günəş və atom radiasiyası, qapalı şəraitdə izolyasiyada gizli defektlərin toplanması, kumulyativ effekti, istilikdən aktivləşən kimyəvi parçalanma və s. tələblərdir.

Təqdim olunan kitabda yüksək gərginliklər (YG) və elektrik izolyasiya texnikasının (EİT) əsas məsələlərinə baxılır.

Kitab 17 fəsil, 438 səhifə, 255 şəkil və cədvəllərdən ibarətdir. Kitabda müəllifin 1970-ci ildən Azərbaycan Politexnik İnstitutunda və 1974-1978-ci illər arasında Moskva Enerqetika İnstitutunun “Yüksək gərginliklər texnikası” kafedrasında apardığı elmi pedaqoji işlərin nəticələri toplanmışdır.

Müəllifdən

QAZ IZOLYASIYASINDA ELEKTRİK-FİZİKİ PROSESLƏR

1.1 Qazlarda hissəciklərin hərəkəti Yürüklük. Diffuziya

Yüksək gərginliklərdə qazlarda baş verən elektirik-fiziki proseslərin öyrənilməsi vacib məsələdir. Çünki bütün dünyada yüksək gərginlik şəbəkələri və onların yarımstansiya avadanlıqlarının əksəriyyəti acıq atmosferdə quraşdırılır. Təbii ki, bu zaman izolyasiya aralığını çox ucuz və əlverişli elektirik parametrləri olan atmosfer havası (qaz) təşkil edir. Havadan başqa, digər qaz izolyasiyalar istifadə edilən qapalı və ya hermetik paylayıcı qurgular – QPQ (HPQ), kommutasiya aparatları: -acarlər, hermetik qapalı işə buraxıcılar və kontaktorlar da xüsusi maraq doğururlar. Onlarda baş verən elektrofiziki proseslər də keyfiyyətə havadakı proseslərə oxşayır.

Qaz hissəciklərinin (atom və ya molekulların) hərəkəti, yüklərin elektirik sahəsində yürüklüyü və diffuziyası kimi hadisələrdən başlayır. Müəyyən həcmdəki qazın konsentrasiyası aşağıdakı kimi hesablanır:

$$N = \frac{P}{KT} \quad (1.1.1)$$

burada, P-təzyiq, MPa-ilə, T-qazın temperaturu-K, $K=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K= $8,62 \cdot 10^{-5}$ eV/K- Bolsman sabitidir, eV-enerji vahidi: $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/ $1,61 \cdot 10^{-19}$ K= $8,62 \cdot 10^{-5}$ eV cevrilməsi ilə alınmışdır, $1,61 \cdot 10^{-19}$ Kl elektronun yüküdür.

Adi halda qazlarda atom və molekullar xaoslu istilik hərəkətində və bir-birilə qarşılıqlı toqquşmalar vəziyyətində olurlar. Hissəciklərin 1 sm məsafədə toqquşmalar sayı – z, qazın konsentrasiyası ilə düz mütənasibdir. Toqquşmaların, $1/z$ tərs qiyməti hissəciklərin sərbəst qaçış yolunun- λ orta uzunluğuna bərabərdir. Hissəciklərin həqiqi qaçış məsafəsi x, λ -dan fərqli olur. Lakin onlar da təsadüfi-statistik paylanma qanunu ilə təyin olunurlar:

$$P(x) = \exp\left(-\frac{x}{\lambda}\right) \quad (1.1.2)$$

P(x) funksiyası, λ sərbəst qaçış məsafəsinin təsadüfi toqquşmaya qədər olan x məsafəsindən böyük və ya ona bərabər olması ehtimalıdır. Elektronun ionlaşma yaratmasına kifayət edən enerji qazanması üçün keçdiyi məsafə, aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$x_i = \frac{W_i}{eE} = \frac{U_i}{E} \quad (1.1.3)$$

Burada U_i -ionlaşma potensialı, W_i -ionlaşma enerjisi, E-elektirik sahə gərginliyidir.

Yüklü hissəciklərin yürüklüyü Elektrik sahəsində yüklü hissəciklərə $F=eE$ qüvvəsi təsir edir, burada e – hissəciyin yükü, E elektrik sahə gərginliyidir. Yüklü hissəciyin elektrik sahəsi istiqamətində hərəkət impulsu $m \cdot u$ kimi hesablanır, burada m - hissəciyin kütləsi, u – elektrik sahəsində ion və ya elektronların dreyf sürətidir. Əgər hissəciklərin toqquşmalarının tezliyi - ν olarsa, onda toqquşmada hərəkət impulsunun itirilən sürəti - $m \nu u$ qüvvəsinə çevrilir. Nyutonun II qanununa görə, təsir edən elektronun zərbə anı və zərbəyə qədər malik olduğu iki qüvvə biri-birini kompensasiya edəcəkdir:

$$m \nu u = e \cdot E \quad (1.1.4)$$

Hissəciklərin iki ardıcıl toqquşmaları arasında keçən orta müddət (toqquşmalar tezliyinin tərs qiyməti) aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\tau = \frac{1}{\nu} = \frac{\lambda}{\nu} \quad (1.1.5)$$

Burada, ν - hissəciyin istilik hərəkətinin orta sürətidir. (1.4) və (1.5) ifadələrində, $\nu=1/\tau$ olduğunu nəzərə alaraq, çevrilmələr apardıqda aşağıdakı ifadələri yazmaq olar:

$$m \nu u / \tau = \frac{m \nu u}{\lambda} = e E ; u = \frac{e \lambda}{\nu m} \cdot E \quad (1.1.6)$$

Burada $k = \frac{e \lambda}{\nu m} = \frac{u}{E}$ -yürüklük əmsalı $E=I$ V/sm intensivlikli elektirik sahəsində hərəkət edən hissəciyin dref sürətini göstərir və Lanjevan ifadəsi kimi qəbul edilir.

Hissəciklərin sərbəst qaçış yolunun orta boyu təzyiqlə tərs mütənasib olduğundan (1.6) ifadəsinə görə, $T=const$ şərtində, $KP=const$ olur.

Ionlar üçün dreyf sürətinin elektirik sahə gərginliyindən (ESG) xətti asılılığı və ya K_i -nin sabitliyi, dreyf sürətinin istilik hərəkət sürətindən kiçik olduğu hallarda saxlanılır. Elektronların yürüklüyünü - K_e isə, ionların- K_i yürüklüyündən fərqli olaraq ESG dən asılılığı sabit qalmır və elektrik sahəsi dəyişdikcə dəyişir. Ona görə hesabatlarda, elektronların sürəti E/P -dən asılı olaraq verilməli və ya K_e yürüklüyünün hansı ESG-yə aid olduğu göstərilməlidir. (Şəkil 1.1)

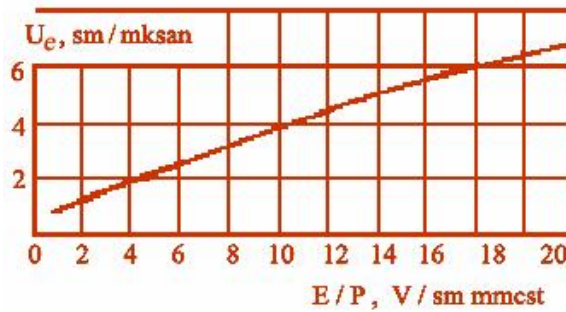
Ion və elektronların elektirik sahəsindəki istiqamətlənmiş hərəkətində qazandıqları kinetik enerjilərinin bərabər olduğu qəbul edilsə, onların dreyf sürətləri və yürüklüklərinin nisbətləri aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\frac{u_e}{u_i} = \frac{K_e}{K_i} = \sqrt{\frac{m_i}{m_e}} \quad (1.1.7)$$

Elektronun kütləsi $m_e = 9,1 \cdot 10^{-28}$ qr, protonun kütləsi isə, neytronun kütləsinə bərabər olduğundan, $m_i = 1,67 \cdot 10^{-24}$ qr, onların nisbəti 1840-a bərabərdir. Havanın tərkibi, əsasən molekulyar azotdan (atom kütləsi 14-dür) təşkil olunduğundan, aşağıdakı nəticə alınır:

$$\frac{K_e}{K_i} = \sqrt{\frac{1840 \cdot 2 \cdot 14 m_e}{m_e}} = 227$$

Hesabatdan göründüyü kimi, elektronun sahədəki yürüklüyü ionun yürüklüyündən ən azı iki yük dərəcə böyükdür.



Şək.1.1.1.Havada elektronların dreyf sürəti u_e -nin, E/P -dən asılılığı

Təcrübələr göstərir ki, normal atmosfer şəraitində ($p=0.1013$ MPa, $T=293$ K) ionlaşma zamanı havada ionların yürüklüyü $K_i=2$, elektronların yürüklüyü isə, $K_e=400$ sm²/(V·san) olur.

Diffuziya. Qazlarda hissəciklərin hərəkəti konsentrasiyanın əksinə dəyişən qradient ilə bağlıdır. Bu prosesə diffuziya deyilir. Hissəciklərin konsentrasiyanın sabit dN/dx qradientində x oxu üzrə diffuziya selinin tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$J = -D \frac{dN}{dx} \quad (1.1.8)$$

J -1 saniyədə qazlardakı yüklü və neytral hissəciklərin x oxuna perpendikulyar istiqamətdə, vahid məsafədə, konsentrasiya qradientinə mütənəsb sayda keçən hissəciklərdir. Mənfi işarəsi diffuziya istiqamətinin konsentrasiyanın artımının əksinə olduğunu göstərir, D -diffuziya əmsəlidir.

Qazın 1 sm³ həcmindəki hissəciklərin bütün istiqamətlərdə hərəkəti kubun 6 tərəfində də eyni ehtimallaı və bərabər olacaqdır. Kubun ilk N_0 hissəciklərinin, onun bir tərəfindən, λ məsafəsində hər iki istiqamətdə

$N_0 + \frac{dN}{dx} \lambda$, $N_0 - \frac{dN}{dx} \lambda$ -qədər say dəyişmələri olacaqdır. Kubun baxılan

tərəfindən ümumi selin 1/6 hissəsi keçir və 1 saniyədə baxılan tərəfdən sağa və sola keçən ümumi hissəciklər aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\frac{1}{6}\left(N_0 + \frac{dN}{dx}\lambda\right)\mathcal{G}, \quad \frac{1}{6}\left(N_0 - \frac{dN}{dx}\lambda\right)\mathcal{G}.$$

$$J = \frac{1}{6}\left[\left(N_0 - \frac{dN}{dx}\lambda\right)\mathcal{G} - \left(N_0 + \frac{dN}{dx}\lambda\right)\mathcal{G}\right] = -\frac{\lambda\mathcal{G}}{3}\frac{dN}{dx} \quad (1.1.9)$$

Buradan diffuziya əmsalı üçün $D=\lambda v/3$ olduğu görünür. (1.1.10)

Hissəciklərin sərbəst qaçış yolunun orta boyu- λ təzyiqlə tərs mütənəsb olduğundan, $T=const$ şərtində, $DP=const$ olacaqdır (1.1.11)

D əmsalı, diffuziya edən hissəciklərin kütləsindən asılıdır. Normal atmosfer havada elektronların diffuziya əmsalı – $D_e=12,7 \text{ sm}^2/\text{san}$, ionların diffuziya əmsalı isə, $0,05 \text{ sm}^2/\text{san}$ –təşkil edir.

Zamanın hər-hansı anında baxılan koordinat başlanğıcında toplanmış hissəciklər fəzanı bərabər şəkildə bürümüş qazda, diffuziya nəticəsində t anında nə qədər yer dəyşəcəyini bilmək maraqlıdır. Bu məsələ Eynşteyn və Taunsend tərəfindən həll edilmişdir. 3 ölçülü koordinatda hissəciklərin orta kvadratik yerdəyişməsi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$r = \sqrt{6Dt} \quad (1.1.12)$$

2 ölçülü koordinat halında isə,

$$r = \sqrt{4Dt} \quad \text{olur.} \quad (1.1.13)$$

Sadə çevirmə ilə (1.1.6) və (1.1.10)-dan aşağıdakı ifadə alınır:

$$\frac{D_i}{K_i} = \frac{\lambda\mathcal{G}m_i\mathcal{G}}{3e\lambda} = \frac{m_i\mathcal{G}^2}{3e}.$$

Əgər ionların istilik hərəkətində qazandığı kinetik enerji $\frac{m_i\mathcal{G}^2}{2} = \frac{3}{2}kT$

kimi nəzərə alınarsa, başqa bir ifadə “Eynşteyn” formulası kimi yazıla bilər:

$$\frac{D_i}{K_i} = \frac{kT}{e} \quad (1.1.14)$$

Elektron və ion qarışıqlarının diffuziyasına “ambipolyar” diffuziya deyilir. Diffuziya fərqlərinə görə elektronlar, müsbət yüklərdən daha sürətli yerdəyişirlər. Lakin geridə qalan müsbət yüklərin cazibəsi elektronları

yavaşdır. Eyni zamanda müsbət yüklərin içərisindən elektronların çıxması da ionların təcilini artırır. Nəticədə müsbət yüklər və elektronlar eyni dərəcədə diffuziya etmiş olurlar. Analizlər göstərir ki, ambipolyar diffuziya aşağıdakı formula ilə hesablanıla bilər:

$$D_a = \frac{D_e K_i + D_i K_e}{K_i + K_e} \quad (1.1.15)$$

Ambipolyar diffuziya əmsalı müsbət ionların diffuziya əmsalından çox, mənfi ionların diffuziyasından isə kiçik olur.

1.1.2. Qazlarda yüklü hissəciklərin yaranması və yox olması

Hissəciklərin təsirlənməsi və ionlaşması. Atomun elektron qılıfı dairəvi və ya elleptik orbitalar kimi götürülür. Elektronlar bu orbitalarda, müsbət yüklü nüvə və öz oxları ətrafında dairəvi hərəkət edirlər. Normal halda onlar nüvəyə yaxın məsafələrdə hərəkət etdiyindən, atomun potensial enerjisi minimal olur. Atoma enerji verildikdə, bir və ya bir neçə elektron nüvədən nisbətən uzaq orbitaya keçirlər. Bu hadisə, *elektron təsirlənməsi* adlanır. Təsirlənmə enerjisi, uzaq və normal orbitaların energetik səviyyələri arasındakı fərqə bərabər olur. Cədvəl 1.1-də müxtəlif qaz molekullarının ionlaşma və təsirlənmə enerjiləri və potensialları (U_i və U_t) verilmişdir:

İonlaşma və təsirlənmə potensialları

cədvəl 1.1

<i>Qaz, adı və formulası</i>	<i>İonlaşma potensialı U_i, eV</i>	<i>Təsirlənmə potensialı, U_t, eV</i>
<i>Hidrogn, H_2</i>	<i>15,4</i>	<i>11,2</i>
<i>Azot, H_2</i>	<i>15,8</i>	<i>6,1</i>
<i>Oksigen O_2</i>	<i>12,5</i>	<i>7,9</i>
<i>Helium He_2</i>	<i>24,6</i>	<i>19,8</i>
<i>Seziüm Sz</i>	<i>3,88</i>	<i>1,38</i>
<i>Civə Hg</i>	<i>10,4</i>	<i>4,86</i>

Əlavə enerji aldıqda, iki və çox atomlu molekullarda elektron təsirlənməsi ilə yanaşı, dairəvi və rəqsi səviyyələrin təsirlənməsi də baş verir. Belə təsirlənmə üçün, lazım olan enerji 1-2 eV-a bərabər olur. Atom və ya molekulanın təsirlənmiş vəziyyətdə qalma müddəti 10^{-8} saniyədir. Hissəciyin normal vəziyyətə qayıtması, foton şüalanması ilə müşayiət olunur. Molekulyar qazlarda aşağı səviyyəli təsirlənmələr halında, enerjisi kiçik olan fotonlar ayrılır. (1.1.3)-dən ESG-nin verilmiş qiymətində (E), qaz molekulasının zərbə ilə ionlaşması üçün, toqquşmaya qədər elektronun keçdiyi yol- $x_i \geq U_i/E$ olmalıdır. *30kV/sm ESG təsiri ilə azot molekulasının ionlaşdırılması üçün*

elektronun toqquşmaya qədər hansı x_i məsafəsinə hesabladıqda $x_i = 15,8V/30 \cdot 10^3 V/sm = 5,27 \cdot 10^{-4} sm$. H_2 üçün isə $5,13 \cdot 10^{-4} sm$ alınır.

Elektrik sahəsində elektronların hərəkəti və digər neytral hissəciklərlə toqquşması qazlarda ionlaşmaya və elektronların sel şəkilində artımına səbəb olur. Bu prosesə, elektron uçuşunu "lavina" deyilir. Elektron uçuşunu ilə sürətli ionlaşma nəticəsində elektronlar α kəmiyyətinə uyğun olaraq artır:

$$\alpha = \exp(-x/\lambda) / \lambda \quad (1.1.16)$$

burada α - ionlaşma əmsalı, $1/\lambda$ -1sm məsafədəki toqquşmaların sayı, $\exp(-x/\lambda)$ x məsafəsində toqquşan elektronların ionlaşma yaratma ehtimalıdır. E artıqca x azalır, α isə eksponensial artır (şək.1.2). 1 sm-də qaz hissəciklərinin toqquşmalar sayı təzyiqlə mütənəsb $z=1/\lambda=Ap$ olur. Əvəzləmələr aparmaqla aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

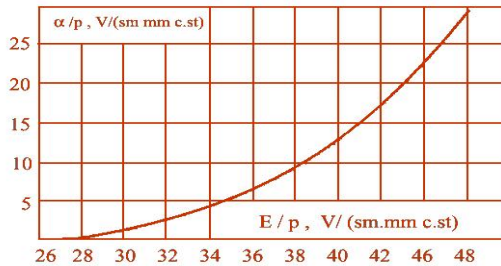
$$\alpha = Ap \exp\left(-\frac{Bp}{E}\right) \quad (1.1.17)$$

Çox hallarda hesablar üçün daha əlverişli ifadələr istifadə edilir:

$$\frac{\alpha}{\delta} = a \cdot \left(\frac{E}{\delta} - b\right)^2 \quad (1.1.18)$$

Normal atmosfer üçün, $a=1,52 \cdot 10^{-4} sm \text{ mmc } st/V^2$ və $b=31,6 V/(sm \text{ mmc } st)$ qəbul edilir. İonlaşmada elektronlar, müsbət ionlar və fotonlar yaranır. İonlaşma effektini nəzərə aldıqda yaranmış yüklərin neytrallaşma şərtlərini də nəzərə almaq lazımdır. Mühəndis hesablatlarında aşağıdakı ifadə daha çox işlədilir:

$$\frac{\alpha}{p} = 0,2 \left(\frac{E}{p} - 24,5\right)^2 \quad (1.1.19)$$

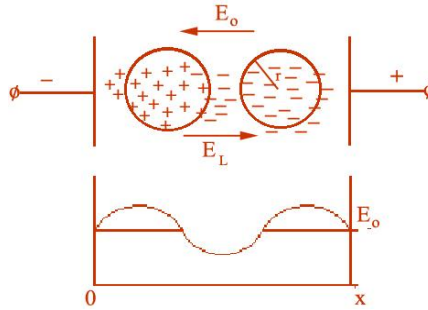


Şək.1.2 Havada α/p -nin E/p -dən asılılıq əyrisi

Başlanğıcda toqquşma aktlarında iştirak edən elektronlar n olarsa, dx məsafəsində ionlaşma əmsalı ilə qazdakı yüklü hissəciklərin sayı artır:-

$$dn = n\alpha dx. \text{ İnteqrallamadan sonra, } n = \exp \int_0^L \alpha dx \text{ ifadəsi alınır.}$$

Toqquşmada neytral hissəcikdə baş verən ionlaşmada elektronlarla bərabər sayda müsbət yüklər də yaranır. Kütlələrin nisbətində böyük yürüklüyü olan elektronlar ionlaşma kanalının başında, müsbət yüklər isə arxada qalır. Bu yüklərin elektrodlar arasında “lokal” sahəsi yaranır şək.1.3. Şəkildən görünür ki, xaricdən verilən sahə ilə lokal sahələr biri-birinin əksinə yönəlir. İonlaşmadan sonra elektrofiziki proseslərdə hər iki sahənin təsiri olur.



Şək.1.3 Xarici və lokal elektrik sahələri. İonlaşma mərhələsində elektrodlar arasında elektrik sahəsinə dəyişməsi və təhrif olunması.

Fotoionlaşma – təsirlənmiş hissəciklər molekula və atomların şua enerjisinin kvantlarının udaraq fotoionlaşmaya səbəb olur. Foton enerjisi $W_f = h\nu$ kimi təyin edilir. Burada ν - şualanma tezliyi, 1/san, $h = 4,3 \cdot 10^{-8} eV \cdot san$ Plank sabitidir. Fotoionlaşma aşağıdakı şərt ödəndikdə baş verir: $h\nu \geq W_i$. Ən böyük ionlaşdırma qabiliyyəti kosmik, radioaktiv γ - şuaları və ultrabənövşəyi tezlik s pekrində olan işıq şuların xəsidir. Qaz boşalmasında fotonların mənəbi təkəcə adı çəkilən şualar deyildir. Qaz boşalmasında fotonların mənəbi adı çəkilən şualarla yanaşı, qazın öz molekullarının boşalma və həyəcanlanma zamanı buraxdığı yüksək tezlikli fotonlar olur. Çünki təsirlənmiş molekula öz əvvəlki minimal energetik vəziyyətinə qayıdarkən buraxdığı foton şuaları da öz növbəsində yeni neytral hissəciklərin təsirləndirilməsində iştirak edirlər. Onlar başqa hissəciyi təsirləndirə və ya digər təsirlənmiş molekulanı ionlaşdırma bilər.

Fotonlarla ionlaşma ikinci ionlaşmaya aiddir. İkinci ionlaşma effekti - γ ilə göstərilir. Katodun səthinin müsbət yüklərlə bombardman edilməsi zamanı yaranan ionlaşmalar da fotoionlaşmaya aiddir. Müsbət yükün katodun səthindən elektron qoparması üçün, katod səthinə yaxınlaşan müsbət yükün kinetik enerjisi səthdən elektronun çıxış enerjisindən böyük olmalıdır.

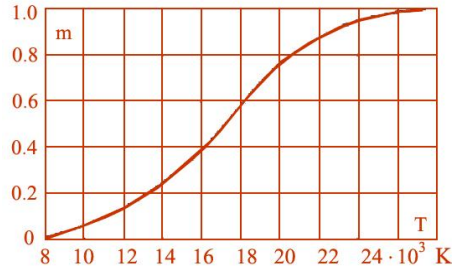
Termik ionlaşma mexanizmi də ikinci ionlaşmaya aiddir. Bu zaman temperatur, sərbəst elektronların və hərəkət edən molekulların kinetik enerji ölçüsü olan aşağıdakı ifadəyə daxil olur:

$$W = 3KT/2 \quad (1.1.20)$$

5000-15000 Kelvin temperaturlarda elektron və molekulanın toqquşmaları ionlaşma ilə nəticələnir. Bu zaman ionlaşma dərəcəsi – μ , ionlaşan molekulların – N_i sayının, qazda olan ümumi molekulların sayına nisbəti kimi təyin edilir: – $\mu=N_i/N$. Hindistan alimi Saxa görə, termik ionlaşma dərəcəsi aşağıdakı formula ilə ifadə edilir:

$$\frac{\mu^2}{1-\mu^2} = 2.4 \cdot 10^{-4} \frac{T^{2.5}}{P} \cdot \exp\left(-\frac{U_i}{kT}\right) \quad (1.1.21)$$

Saxa nəzəriyyəsinə görə şəkl. 1.4 də termik ionlaşma əmsalı μ -nün temperatur asılılığı verilir. Temperatur 20000 K-ə çatdıqda qaz aralığında olan bütün molekullar termik ionlaşmaya uğrayır. Qazlarda hissəciklərin çoxunun ionlaşdığı hala “plazma” deyilir. Plazma mühitində müsbət və mənfi yüklərin konsentrasiyası eyni olur. Plazma şəkilində olan qövs kanalının da özək temperaturu 8000–dən 15000 K olur. Ona görə qövs kanalında termik ionlaşma intensivləşir. Bu səbəbdən yüksək gərginlik açarlarının qövssöndürmə kameralarında baş verən qövşün söndürülməsi çətinləşir. Aşağıdakı şəkildə termik ionlaşma dərəcəsi verilmişdir.



Şək. 1.1.4 Havanın termik ionlaşma dərəcəsi μ -nün temperatur asılılığı

1.1.3 Elektrodlar arası mühitdə yüklü hissəciklərin sayı və artımı

ESG-nin kifayət edən qiymətlərində aralıqdakı yüklərin diffuziyası ilə baş verən hadisə r radiuslu elektrodlar arası fəzanı yüklərlə doldurur. Fəzada r radiuslu kürədə yüklərin yaratdığı lokal ESG:

$$E_L = \frac{en}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \text{olar .} \quad (1.1.22)$$

burada e-elektronun yükü, n-onların sayı, r-fəzada yayılma radiusudur. Yürüklüyün (1.1.5) ifadələrinə görə dx məsafəsi dt zamanında lokal sahənin elektrostatik itələmələri ilə yüklərin fəzadakı r çevrəsinin artım sürəti $\frac{dr}{dt} = K_e E_L$ olur. dt zamanı və dx məsafəsində xaricdən tətbiq edilən E_0 sahəsinin yaratdığı u dreyf sürətilə bütün yüklər $dx=u \cdot dt=K_e E_0 \cdot dt$ qədər yer dəyişir. (1.1.22) formulasından E_L –i və yüklərin artımını – $dn=n \cdot \alpha dx$ kimi

nəzərə alsaq, $dx = \frac{dn}{\alpha \cdot n}$ və $dt = \frac{dn}{\alpha \cdot n K_e E_0}$ ifadələri ilə əvəz edilir. Yerinə yazıldıqda aşağıdakı bərabərliklər alınır:

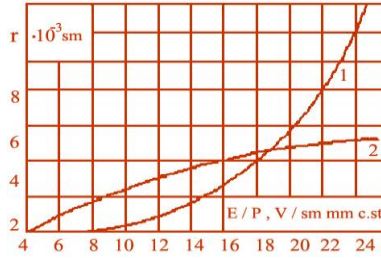
$$r^2 dr = \frac{e \cdot n \cdot dt}{4\pi\epsilon_0} K_e = \frac{en}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{K_e dn}{\alpha \cdot n \cdot K_e E_0}.$$

İntegrallamadan sonra r üçün aşağıdakı ifadə yazılır:

$$r = \left(\frac{3e \cdot n}{4\pi \cdot \epsilon_0 \alpha \cdot E_0} \right)^{1/3} \quad (1.1.23)$$

ESG-nin müəyyən qiymətindən sonra α –ionlaşma əmsalı, daha güclü eksponensial artıma malik olduğundan ionlaşma oblastının radiusu itələnmə təsiri ilə sürətlə genişlənir. Şək.1.1.5 də elektrostatik sahə və diffuziya səbəbindən, yüklərin yayılma oblastının böyümə əyriləri verilmişdir. Göründüyü kimi, diffuziya hesabına r elektrostatik itələnmə (1 əyrisi) nisbətən daha az artır (2 əyrisi). Normal atmosfer şəraitində, bircinsli $E=30$ kV/sm sahə gərginliyi olan elektrik sahəsində hissəciklərin genişlənmə həddi, elektronların sayı $n < 10^4 \div 10^5$ olduqda diffuziya, $n > 10^5 \div 10^6$ olduqda isə, elektrik-statik itələnmə yolu ilə artır. Boşalmanın lavina (elektronların sel şəkilində artımı) xarakterli izahatını Con Taunsend (1868-1957) vermişdir. Lakin bu boşalmanın inkişafında bəzi xüsusiyyətləri izah edə bilmir. Bu nəzəriyyə bircinsli mühitdə ardıcıl və bütöv boşalma kanalının stasionar prosesinə aiddir. Ona görə, nazik boşalma kanallarının izahatı çətin olur. 1939-cu ildə Hans Roter, Con Mik və Leonard, Taunsend nəzəriyyələri əsasında, boşalmanın strimer nəzəriyyəsini yaratdılar. Boşalmada electron və ionların sayı və boşalma selinin başlığındakı ESG artır, onun arxasında isə azalır. Arxada elə bir zona yaranır ki, orada zərbə ionlaşması kəsilir.

Lavinanın arxasında qalan elektronlar və müsbət yüklər bərabər konsentrasiya strimer kanalını yaradır. Strimer kanalının başlanması ilə plazma kanalı yaranır. Boşalma şəraitlərindən asılı olaraq strimer elektrodla bitişik və ya aralı ola bilər. Strimerin xarakteri kanalın arxasında yüklərin artıqlığı və bu yüklərin ESG-yi artırmasıdır. Bu səbəbdən strimer kanalının quyruğu uzanır. Lavinanın strimerə çevrilməsi, elektron və müsbət ionların kanal arxasında yaratdıqları ESG-nin yerli ESG-yə bərabər olması şərti kimi qəbul edilir.



Şək.1.1.5 Elektrostatik itələnmə-1 və diffuziya-2 hesabına ionlaşma radiusunun genişlənməsi

Prosesin izahı (1.1.18) formulsu ilə aparıldıqda, $\alpha=0$ üçün $E \leq b\delta$ ionlaşma kəsilir, E_0 –xarici sahənin və E_L –lavina yüklərinin lokal sahə gərginliyi $E=E_0-E_L=0$ olduqda lavina strimerə keçir:

$$(E_0-E_L) \leq b\delta, \quad (1.1.24)$$

(1.1.22)-dən E_L –in qiymətini nəzərə alsaq, lavinanın elektrostatik radiusunun (1.1.23) ifadəsinə əsasən, strimerə keçid zamanı oradakı elektronlar sayını, elektronların kritik sayı kimi hesablamaq olar:

$$n_{kr} = \frac{36\pi\epsilon_0 (E_0 - b\delta)^3}{e (\alpha E_0)^2} \quad (1.1.25)$$

(1.1.25) ifadəsilə aparılan hesablar göstərir ki elektronlar $n_{kr}=10^7 \div 10^8$ sayına çatır. Digər tərəfdən, $n_{kr}=\exp(\alpha x_{kr})$ olduğundan (1.1.25) –ni aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\alpha x_{kr} = 18 + \ln \frac{(E_0 - b\delta)^3}{(\alpha E_0)^2} \quad (1.1.26)$$

1.1.4. Elektrofiziki proseslərdə yaranan müsbət və mənfi ionlar

İonlaşmada elektronlarla yanaşı müsbət və mənfi yüklər də meydana çıxır. Elektron və ionların sahədəki yürüklüyü fərqli olduğundan, elektronlar anodun səthinə çatdığı müddətdə müsbət və mənfi ionlar hələ öz yerlərində qalmış kimi olurlar. Bu elektron seli boyu qalan müsbət yüklərin konsentrasiyasının hesablanmasına imkan verir. Əgər katoddan x məsafədə ionlaşma ilə n elektron yaranarsa, onlar dx yolunda $andx$ sayda müsbət yüklərin də yaranmasına səbəb olur. Müsbət yüklər $\pi r^2 dx$ həcmində N_+ konsentrasiya təşkil edirlər:

$$N_+ = \frac{\alpha \cdot n}{\pi \cdot r^2} = \frac{\alpha \exp(\alpha x)}{\pi \cdot r^2} \quad (1.1.27)$$

burada, r – (1.1.23) ifadəsilə təyin edilir.

Mənfi ionlar isə elektronları zəbt edən elektromənfi atom və molekulanın sayına mütənəsib olan bir konsentrasiya təşkil edirlər. Bir sıra O_2 , CO_2 , su buxarı (H_2O) kimi qazlarda, toqquşmadan sonar sürəti və enerjisi azalmış elektronlar yaxınlıqda olan həmin neytral molekula ilə zəbt olunaraq mənfi ion yaradırlar. Neytral molekuladan yaranan mənfi ionun qılafı elə şəkildə dəyişir ki, onun enerjisi neytral hissəciyin enerjisindən az olur. Bu enerjilər fərqi elektronla “qovuşma” (yapışma) enerjisi deyildir. Mənfi ionlar sahədə müsbət yüklərin əksinə və elektronlar istiqamətində K_i – yürlüklüyü ilə dreyf edirlər.

Təbiətdə ionlaşdırıcı təsirə malik müxtəlif mənbələrdən çıxan şualar vardır. Ətrafa yayılan bu şualar sərbəst elektronlar yaradırlar. Elektrodlar arasına düşən bu elektronlar aralıqda tətbiq edilən gərginlik ilə elektron selinə çevirilir. Əgər, xarici ionlaşdırıcı mənbənin təsiri kəsilərsə aralıqda yaranan elektron seli və cərəyan kəsilir. Bu şəkildəki prosesə qeyri-müstəqil boşalma deyilir. Boşalmaların müstəqil olması üçün onun xarici ionlaşdırıcı mənbə olmadan davam etməsi lazımdır. Bunun üçün isə, inkişaf edən ilkin elektron selindən sonra aralıqda heç olmazsa bər dənə ikinci elektronun yaranması lazımdır (γ -əmsalı). Beləliklə boşalmanın müstəqillik şərti aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\gamma \exp\left(\int_0^L \alpha dx\right) \geq 1 \quad (1.1.28)$$

Bircinsli elektrik sahəsində isə, $\gamma \cdot \exp(\alpha L) \geq 1$, olar. (1.1.29) burada L – elektrodlar arası məsafədir.

Aralıqda boşalmanın davam etməsi üçün kifayət edən minimal gərginliyə başlanğıc gərginlik $U_{baş}$ deyilir. İkinci ionlaşma əmsalı γ təzyiq və ESG-dən asılı olsa da, onun bu parametrlərə görə dəyişmə intervalı kiçik

olduğundan, $\ln \frac{1}{\gamma} = const$ götürülür. Ona görə qeyri-bircinsli elektrik

sahəsində boşalmanın müstəqillik şərti:

$$\int_0^L \alpha dx = \ln \frac{1}{\gamma} \approx const = K \quad (1.1.30)$$

bircinsli elektrik sahəsində,

$$\alpha \approx const = K, \quad \text{olur.} \quad (1.1.31)$$

(1.1.29) və (1.1.30) ifadələrindən görüldüyü kimi, boşalmanın müstəqillik şərtinin ödənilməsi üçün aralıqda olan bir elektronun yaratdığı ionlaşma dərəcəsi müəyyən sabit K qiymətindən az olmamalıdır. Hava üçün normal atmosfer şərtlərində K -nın qiyməti 8.2 –yə bərabərdir.

Elektromənfilik elektronun zəbt edilməsinə lazım olan enerjini göstərir. Bu xassəyə əsasən, 7-ci qrup halogenləri və H_2O , O_2 , H -ə aiddir. Elektron

tutularkən bu enerji ayrılır. Aşağıda bir neçə element üçün elektronlara qovuşma enerjisi W_e verilir:

Maddə...	F	Cl	Br	J	O	O ₂	H	H ₂ O	He	H ₂
W_e	3.6	3.8	3.5	3.2	2.0	0.9	0.7	0.9	<0	<0

Əgər qovuşma enerjisi sıfırdan kiçik olarsa, mənfi ion yaranmaz. Cədvəldə verilən rəqəmlərə görə oksigen və su buxarlarında eyni dərəcədə elektron yapışdırma və mənfi ion yaratma qabiliyyəti vardır. Hollogen elementlərində elektromənfilik eneji daha çoxdur. Mənfi ionlar yarada bilməyən *He*, *H₂* elementlərdə $W_e < 0$, onlar elektriki müsbət xassəlidir. Enerjisi “qovuşma” enerjisindən böyük olan hissəciklər toqquşduqda mənfi iondan elektronlar ayrılır. Elektrik sahə gərginliyi mənfi ionun parçalanma ehtimalları artır. Məsələn, normal təzyiqdə *O₂* –dən elektronun qoparılması, $E \geq 35 \text{ kV/sm}$ gərginlikdə baş verir.

Zərbə ionlaşmasının effektivlik əmsalı: Elektronların bəzi neytral elementlərlə qovuşma (yapışma) aktı 1 sm məsafədə zəbt olunan elektronların sayı ilə xarakterizə olunur. Ona görə qazlarda və havada zərbə ionlaşma prosesi effektiv ionlaşma əmsalı ilə xarakterizə olunur:

$$\alpha_{ef} = \alpha - \eta \quad (1.1.32)$$

İonlaşma prosesini hesabladıqda əmsalların atmosferdə nisbi sıxlıqdan (δ) asılılıqları: α/δ , η/δ , α_{eff}/δ daha uyğundur. Elektronların sərbəst qaçış məsafəsinin orta boyu T/p və ya (1.1.33)-ə əsasən δ -ilə tərs mütənəsb asılılığa malikdir. Ona görə zərbə ionlaşması α , elektronların zəbt olunması $-\eta$ və effektiv ionlaşma $-\alpha_{eff}$ əmsalları şəkl.1.6 da göstərildiyi kimi dəyişmələrə malik olub, zərbə ionlaşma əmsalı ilə eyni ifadə ilə hesablanır:

$$\frac{\alpha_{eff}}{\delta} = 0,2 \left(\frac{E}{\delta} - 24.5 \right)^2 \quad (1.1.33)$$

(1.1.33) –dən göründüyü kimi, normal atmosfer şərtlərində, E -nin 24.5 kV/sm -dən böyük qiymətlərində, effektiv ionlaşma əmsalı müsbət qiymət alır. Ona görə, E -yə ionlaşmanın “başlanğıc” qiyməti deyilir. Yer səthindən 2000 mt yüksəklikdə $\delta = 0.82$ olduğundan, ionlaşmanın başlanğıc qiyməti də $24.5 \times 0.82 = 20 \text{ kV/sm}$ -ə qədər azalır.

Rekombinasiya: *Rekombinasiya* qazlarda yaranan və artan yüklü hissəciklərin neytrallaşaraq yox olması deməkdir. İzahı: - toqquşmadan sonra enerjilərini neytral hissəciyə vermiş elektronların, sahədə zəif sürətlə müsbət ionların yaxınlığından keçərkən, ionlar tərəfindən tutularaq neytrallaşmasıdır. Bu zaman ionlaşma aralığından bir cüt yük: - mənfi elektron və müsbət ion yox olur. Beləliklə ionlaşma ilə əks proses olan rekombinasiya əmsalı ρ meydana çıxır. Vahid zamanda 1 sm^3 həcmdə baş verən rekombinasiyaların sayı əks işarəli hissəciklərin görüşmə ehtimalı və onların konsentrasiyasından

asılı olur. Yüklənmiş hissəciklərin konsentrasiyalarının azalma sürəti və rekombinasiyaları üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$\frac{dN_+}{dt} = \frac{dN_-}{dt} = -\rho \cdot N_+ \cdot N_- \quad (1.1.34)$$

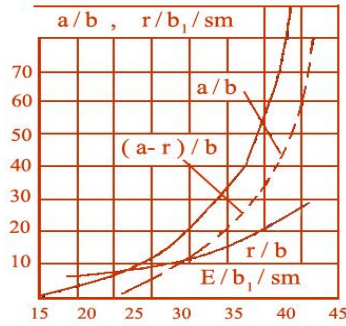
Göründüyü kimi- ρ əmsalı 1 san-də 1 sm³ həcmdə olan rekombinasiyaların yüklü hissəciklərin konsentrasiyalarının hasilinə ($N_+ \cdot N_-$) olan nisbəti kimi hesablanır. Əsasən $N_+ = N_- = N$ olduğundan, (1.34) ifadəsini daha sadə şəkildə yazmaq olar:

$$\frac{dN}{dt} = -\rho \cdot N^2 \quad (1.1.35)$$

Dəyişənlərinə ayıraraq inteqralladıqda:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{1 + \rho N_0 t} \quad \text{alınır.} \quad (1.1.36)$$

burada, N_0 –hər iki işarəli hissəciklərin ilkin konsentrasiyalarıdır.



Şək.1.1.6. Havada α/δ , ρ/δ və $\alpha_{\text{eff}}/\delta$ parametrlərinin E/δ asılılığı

Yüklü hissəciklərin başlanğıc konsentrasiyaları N_0 böyük olduqda, (1.1.36) $\rho N_0 t$ 1-dən çox-çox böyük olduğu üçün, rekombinasiya olunmuş hissəciklər üçün son ifadə yazıla bilər:

$$N \approx 1/\rho t \quad (1.1.37)$$

Atmosfer təzyiqində rekombinasiya əmsalı – ρ 10⁻⁶ sm³/san olur. Rekombinasiya nəticəsində neytrallaşan hissəciyin enerjisi rekombinasiyaya girən iki yüklü hissəciyin enerjilərinin cəmindən kiçik olur. Çünki rekombinasiya zamanı toqquşan yüklərin toplanan potensial enerjilərindən ayrılan əlavə bir enerji yaranır. İkisinin cəmindən, ayrılan bu artıq enerji şüalanma ilə ətrafa yayılır.

1.2.1 Sabit və dəyişən gərginliklərdə hava aralıqlarının deşilməsi

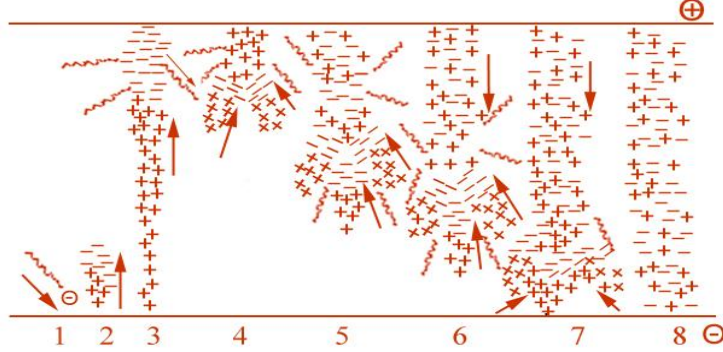
Havada boşalmalar 50 Hs tezliklə dəyişən gərginlik yarımperiodundan 10⁶ dəfə tez və ya çox ani bir zamanda baş verir. Ona görə sabit və dəyişən cərəyanlarda deşilmə gərginliyi praktiki olaraq eynidir. Strimer nəzəriyyəsinə

görə $L=x_{kr}$ olduqda, minimal gərginlikdə havanın deşilmə mexanizminə baxaq. Xarici ionizatorun təsiri ilə katoddan başlanğıc bit effektiv elektron çıxır. Başlanğıc elektron, boşalma aralığında x_{kr} uzunluğunda uçuqun yaradan və boşalmanın sərbəstliyini təmin edən effektiv elektron adalanır. Anoda tərəf inkişaf edən elektron uçuqunu baş clü hesabına və katod yaxınlığında müsbət ionların hesabına güclənir. Sahənin iki güclü zonası arasında elektron uçuqunu və müsbət ionların ortasında sahə zəifləyir. Elektron uçuqunu inkişaf edir, onun cəbhə hissəsində elektrik sahə gərginliyi daha da güclənir. Müsbət ionların həyəcanlanması və həyəcanlanmış ionların normal vəziyyətə keçdiyi zaman fotonlar şualanması nəticəsində qazda fotoionlaşma prosesi də başlayır (3). Yaranan ilkin elektron uçuqunu anoda çatır (4). Elektronların ikinci uçuqunu sahənin qüvvə xətləri istiqamətində birinci uçuqunun arxada qoyduğu müsbət həcmi yüklərə tərəf inkişaf edir. Müsbət həcmi yüklər anod yaxınlığında daha böyük konsentrasiyaya malikdir. Nəticədə anod yaxınlığında strimer formalı boşalma kanalı yaranır (5). Strimer kanalının başlığında müsbət yüklər ikinci elektron uçuqundan yaranan və strimer kanalına tərəf yönələn yüklərin hesabına artır. Strimer-katod arasında elektrik sahəsi daha da güclənir. Çox çoxlu sayda yeni elektronlar seli yaranır. Strimer 10^8 sm/san sürəti ilə katoda tərəf inkişaf edir (6). Katoda güclü fotionlaşma meydana çıxır (7). Aralığın ona qədər deşilməmiş hissəsində keçiricilik sıçrayışla artır və strimer, elektrodlar arası məsafədə qısa qapanma yaradır (8). Mənbə-kanal dövrəsində cərəyan kəskin olaraq artır və kanal parıltı ilə işıqlanır. Mənbə kimi dolmuş kondensator götürülsə o boşalmanı uzun müddət saxlaya bilmir və parıltılı qığılcım kondensatorun boşalmasına səbəb olur özü isə sönmür. Əgər mənbə kifayət qədər güclü olarsa, qığılcım qövs boşalmasına keçir. Güclü mənbə təsiri ilə uzun müddət keçən cərəyan qövs kanalını qızdırır, termik ionlaşma yaranır, kanalın keçiriciliyi sürətlə artır.

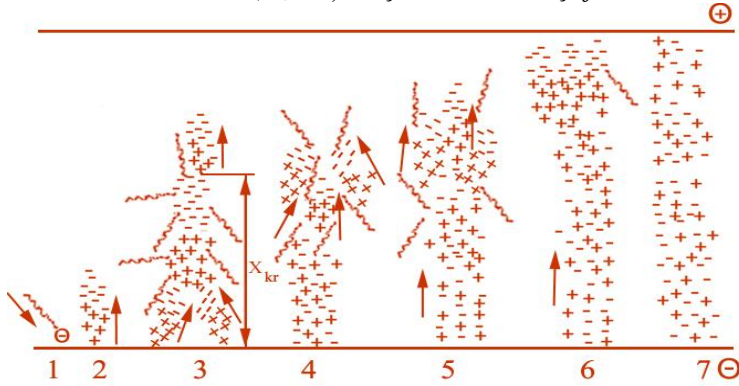
Elektrodlara tətbiq olunmuş gərginliyin böyük qiymətlərində ESG və ionlaşma əmsalı artdığından boşalma minimal məsafədə inkişaf edir. Çünki bu şəraitdə hər bir sərbəst elektron asanlıqla ionlaşma enerjisi qazanır və onların kiçik məsafələrdə belə yaratdığı əlavə elektronların sayı kritik qiymətlərə çatır (1.1.25,1.1.26). Ona görə (1.1.26) $\alpha \cdot x_{kp}$ – ifadəsindən x_{kp} minimal olub elektrodlar arası məsafəyə nisbətən kiçik olur ($x_{kp} < L$). Bu halda strimer kanalı katoddan inkişaf edir. Qeyd edildiyi kimi, kritik uzunluğa çatmış lavinanın arxasında ESG zəiflədiyindən elektronlar ionlaşma yarada bilmir. Ona görə bu hissədə strimer kanalı yaranır. Digər tərəfdən prosesin n_{kr} sayda elektronları yaxınlığında ESG güclənir. Müsbət ionların təsirlənməsi nəticəsində xüsusi ilə katod yaxınlığında fotoionlaşma artır.

Burada başlanğıc elektronun katod yaxınlığında və ya elektrodlar arası məsafədə meydana çıxmasından asılı olmayaraq elektron uçuqunu kritik uzunluğa çatır. (1.1.31) formulasına əsasən boşalmanın müstəqillilik şərti,

boşalma gərginliyi elektrodlar arası məsafə və qazın elektron uçuşunu və qazın təzyiqindən asılıdır. $x_{kr} < L$ olduğu halda boşalmanın inkişaf mexanizmi verilmişdir. Bircinsli elektrik sahəsində qaz deşilməsi göstərilir Şək.1.2.1-də.



Şək.1.2.1 Elektrodlar arasında minimal boşalma məsafəsi olduğu halda ($x_{kr}=L$) boşalmanın inkişafı



Şək.1.2.2 $x_{kr} < L$ olduğu halda boşalmanın inkişafı

Bircinsli elektrik sahəsi üçün, $E=U/pL$ və α -nın (1.17)-ə görə olan ifadəsini götürərək onu (1.31) -də nəzərə almaqla, aşağıdakıları yazmaq olar:

$$A(PL)\exp\left[-\frac{B}{U_{bos}}(PL)\right]=K \quad (1.2.1)$$

ilk dəfə Paşen təcrübə olaraq boşalma gərginliyinin pL asılılığının $U_{bos}=f(pL)$ -i funksiyasını kəşf etmişdir. Paşen qanunu bircinsli sahədə, sabit temperaturda qazın boşalma gərginliyininin təzyiq və məsafə hasilində ən asılı olduğunu göstərir. Başqa sözlə elektrodlar arası məsafəni artırıdca təzyiqi ona mütənasib olaraq azaldıqda boşalma gərginliyi dəyişmir. $U_{bos}=f(pL)$ asılılığından $L=const$ olarsa, təzyiq azaldıqda elektronların qaz molekulları ilə toqquşmalar sayı, təzyiq artdıqda isə hissəciklər arası məsafə kiçildiyindən elektronlarla zərbə ionlaşma ehtimalı azalır. Ona görə boşalmanın müstəqillik şərtinin ödənməsi üçün, hər iki halda tətbiq edilən gərginlik artırılmalıdır.

Paşen qanununa görə U_{bos} –nın minimal qiymətinə α -nın optimal qiyməti və ya $0,3 \text{ sm} \cdot \text{mm c st}$ üçün $0,3 \text{ kV}$ boşalma gərginliyi uyğun gəlir şəkl.1.2.3.

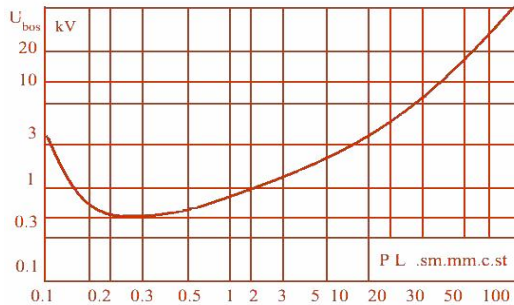
Əgər $p=\text{const}$ götürülsə, elektrodlar arası məsafə artdıqda, $\alpha L=\text{const}$ olması üçün gərginlik artırılmalıdır. Çünki, $\alpha/p=f(E/p)$ xətti asılılıqdan daha güclü eksponensial asılılığa malikdir. L azaldıqda da boşalmanın müstəqillik şərtinin ödənməsi üçün aralığa tətbiq olunan gərginliyi artırmaq lazım gəlir.

Çox böyük təzyiqlərdə boşalma gərginliyinin azalması və Paşen qanunundan kənarlaşma olur. Bu elektrodların səthində olan mikroçuxıntılar və həmin şıxıntılar ətrafında yerli ESG-nin artması ilə izah edilir. Elektrodların səthinin cilalanma və pardaqlanması ilə boşalma gərginliyini artırmaq olur. Lakin onu bu yolla çox artırmaq omur. Çünki, burada başqa amillər də təsir edir [13]. Aşağı təzyiqlərdə, Paşen əyrisinin minimal boşalma gərginliyindən sol tərəfdə, boşalma gərginliyinin (2.1) formulası ilə hesablanan qiymətlərindən az olduğu görünür. Bu aşağı təzyiqlərdə qazlarda boşalma mexanizminin dəyişməsi və elektrodlardan avtoelektron emmisiyasının artması ilə izah edilir.

Bircinsli elektrik sahələrinin başlanğıc gərginlikləri boşalma gərginliyi ilə üst-üstə düşür. Bircinsli elektrik sahəsində qazların boşalma gərginliyi üçün (1.18) formulasını və havada boşalmanın müstəqillik şərtindən $K=8.2$ əmsalını birlikdə həll etdikdə aşağıdakı ifadə alınır:

$$U_{bos} = 24.5 \delta \ell + 6.4 \sqrt{\delta \ell} \quad (1.2.2)$$

Havadan başqa, Eleqaz, Dixlordifloretan $-F_2Cl_2H_4$, CO_2 və digər qaz izolyasiyalar istifadə edilən qapalı və ya hermetik paylayıcı qurğular HPQ, kommutasiya aparatları:- açarlar, işburaxıcılar və kontaktorlar da boşalma keyfiyyətcə bu qanunlara oxşar olur və Paşen qanunu qüvvədə olur.



Şəkl.1.2.3 Bircinsli elektrik sahəsində hava aralığı üçün $U_{bos}=f(pL)$ Paşen asılılığı

(1.2.2) formulasının sağ və sol tərəfini L –ə bölüb, ESG üçün ifadə yazılır:

$$E_{bos} = 24.5 \delta + 6.4 \sqrt{\delta/\ell} \quad (1.2.3)$$

Normal atmosfer şərtlərində, $L=1 \text{ sm}$ məsafədə, boşalma üçün elektrik sahə gərginliyi $E_{\delta ou}=30.9 \text{ kV/sm}$ təşkil edir. Məsafənin artması ilə $E_{\delta ou}=24.5 \text{ kV/sm}$ –ə qədər azalır. Bircinsli elektrik sahəsində boşalma birdən

başlayır. Ona görə başlanğıc və boşalma gərginlikləri bərabər olur. Boşalmadan əvvəl heç bir ionlaşma, taclanma və ya sürüşən qılgıncılar müşahidə edilmir.

Qeyribircinsli elektrik sahələri isə taclanan aralıqlar kimi xarakterizə edilir. Belə aralıqlarda başlanğıc gərginlik iti uclu elektrod yaxınlığında daha tez yaranır, deşilmə isə, ondan daha böyük gərginliklərdə baş verir. Elektrodları müxtəlif ayrılıya malik olan qeyri simmetrik aralıqlarda boşalma gərginliyi kiçik ayrılıya olan elektrodun qütblüyündən asılı olur. Bu amillər yüksək gərginlik qurğu və avadanlıqlarında tətbiq tapır. Məsələn, 6-750 kV-luq elektrik veriliş hava xətlərinin, EVHX məftilləri, məftillə dayaq və yer arası məsafələr həmin elektrodların ölçüləri və qütblüyü ilə təyin edilir. EVHX-in I qrup elektrodları: iynə-müstəvi, iynə-torpaqlanmış müstəvi 6-110 kV EVHX üçün, II qrup elektrodları: silindr-silindr 220 kV EVHX üçün, və III qrup elektrodları: toroidal ekran- torpaqlanmış müstəvi aralıqlar üzərində boşalma 330 kV və böyük sınaq gərginlikləri həmin məsafələri təyin etmək üçün əsas verir. Hava üçün bu asılılıq şəkl.1.2-də verilmişdir. Bu hadisə iynənin müsbət qütblüyündə sürətli elektronların anoda keçməsilə izah edilir. Bu zaman müsbət yüklər katodla olan aralıqda ESG-nin artmasına və boşalmanın inkişafına səbəb olur. İynənin mənfi qütblüyündə isə əksinə zəif hərəkət edən müsbət yüklər aralığın qalan hissəsində ESG-nin azalmasına səbəb olur və boşalma üçün böyük gərginlik lazım olur. Müsbət qütblükdə havanın orta deşilmə gərginliyi 4.5 kV/sm, mənfi qütblükdə 10 kV/sm (2 dəfə çox) olur. Görünür ki, qiymətlər bircinsli sahədəki deşilmə gərginliklərindən 3-5 dəfə azdır. İynələr arasında elektrik sahəsinin analitik həlli onların səthinin, ikiqütblü hiperboloidin fırlanmasından alınır fiqurla eyni olur. Laboratoriya sınaqlarında elektrodlar arası məsafələr mm-lə qəbul edilməlidir. Buludların mənfi yüklənməsi su buxarları ilə tutulan elektronların yaratdığı mənfi ionlardan təşkil olunur. Bu halda torpağın səthi ilə yüklər arasında 1 km-ə qədər məsafə kəskin qeyribircinsli sahə və boşalma 1-1.5 kV/sm ESG-də olur.

1.2.2. Dielektriklərin elektrik keçiricilikləri

Çox kiçik qiymətlərdə olan elektrik keçiriciliyi bütün dielektriklərə xasdır. Qazlarda keçiricilik daha az, maye və bərk dielektriklərin keçiricilikləri nisbətən böyük olur. Dielektriklərin elektrik keçiriciliyinə ölçü aparılan mühitin nəmliyi və tətbiq olunan elektrik sahə gərginliyi təsir edir. Normal şərtlər və zəif elektrik sahəsində qazların keçiricilikləri çox kiçik olduğundan onları nəzərdən atırlar. Şəvvəlki fəsildə göstərildiyi kimi, yalnız boşalma proseslərinə yaxın olan güclü elektrik sahəsində, qazlarda böyük keçiricilik cərəyanları meydana çıxır.

Mayelərin keçiricilikləri mürəkkəb fiziki mexanizmlərə malikdir. Əksər hallarda onların keçiricilikləri bərk dielektriklərin keçiriciliyindən kiçik olur.

Elektrik sahəsinin təsiri ilə müəyyən γ keçiriciliyi hesabına izolyasiyada sızma cərəyanları yaranır. Bu cərəyanlar keçiricilərin cərəyanından ($10^7 \div 10^{14}$ dəfə) az olsa da, çox əhəmiyyətli parametrdir. Çünki, keçiricilik cərəyanları izolyasiyada enerji itkilərinə və elektrik sahəsinin səpələnməsinə səbəb olur. Buna ümumi halda *dielektrik itkiləri* deyilir. İtkilər və elektrik sahəsinin səpələnməsi yüksək gərginlikli konstruksiyalarda əlavə istilik mənbəyinə çevrilir. İzolyasiyanın hədsiz qızmasına yol açır. Ona görə cihaz və aparatların aktiv keçirici elementlərinin də işçi cərəyanlarının və ya maqnit içliklərinin induksiya cərəyanlarının azaldılması lazımdır. Əks halda baş verən dielektrik itkiləri temperaturu daha da artıraraq istilik dəşilməsi yarada bilər. Maye dielektriklərdə elektron-ion keçiriciliyi onlarda az miqdarda olan müxtəlif çirklənmələr, qarışıq və aşqarların hesabına yaranır. Qarışıqlar həm də dielektriklərin elektrik möhkəmliyini azaldır. Ona görə istismar zamanı müəyyən səbəbdən açılmış və ya montaj edildikdən sonra, yüksək gərginlikli avadanlığın işə qoşulması üçün onun izolyasiya müqaviməti və sızma cərəyanlarının qiymətləri yenidən ölçülməlidir.

Sabit cərəyan qurğularında izolyasiyanın elektrik keçiriciliyi əsas parametrdir. Çünki, elektriksahəsinin qərarlaşmış vəziyyətində sahənin paylanma xarakteri elektrik keçiriciliyi ilə təyin edilir. Bu halda izolyasiyada elektrik sahəsi keçiricilik cərəyanlarının hesabına yaranır. Sabit cərəyan qurğularında, uzun müddət təsir edən gərginlikdən yaranan keçiricilik izolyasiyanın köhnəlməsinin əsas səbəblərindəndir.

Standart sınaqlar aparılan izolyasiyada sızma cərəyanı ilə onun deşilmə gərginliyi arasında korelyasiya əlaqəsi olur.

Dəyişən gərginliklərdə isə, izolyasiyada elektrik sahəsinin xarakterini polyarizasiya və dielektrik nüfuzluluğu təyin edir.

Uzun müddət işçi gərginlik altında olan maye və bərk dielektriklərdə keçiricilik cərəyanlarının müəyyən qədər artması və ya azalması müşahidə edilir. *Cərəyanın azalması*, materialın qarışıqlar hesabına artan elektrik keçiriciliyinin zaman keçdikcə aşqarlardan təmizləndiyini sübut edir. Tərkibdə izolyasiya quruluşunun parçalanması, keçiricilikdə iştirak edən hissəciklərin sayının çoxalması, *sızma cərəyanlarının artmasına*, çevrilməz struktur dəyişikliyi və könməyə səbəb olur.

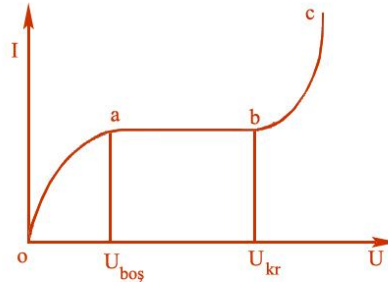
1.2.3. Qazlarda elektrik keçiriciliyi

Qazlarda baş verən keçiricilik sərbəst elektron və ionlar yarandıqdan sonra, yəni gərginliyin $U_{baş}$ başlanğıc qiymətindən başlayır. Şək.1.2.1–də

qazlarda yaranan cərəyanın gərginlik asılılığı verilmişdir. Əyrinin başlanğıc o-a hissəsi, keçiricilik üçün Om qanununun ödəndiyi və ya yaranan ion və elektronların sayının gərginlikdən asılı olmadığı hissəsidir. Bu zaman, aralığın İ cərəyanı təsir edən U gərginliklə, cərəyanın sıxlığı isə ESG ilə düz mütənasib olur.

Gərginlik artımı ilə, elektrik yükləri əks işarəli elektrodlara tərəf hərəkət sürətini artırıdığca, rekombinasiya azalır və onlara çataraq neytrallaşır. Gərginliyin müəyyən $U_{baş}$ qiymətində qaz aralığında yaranan eyni sayda yüklərin hamısı elektrodlarda boşalır. Bu gərginliyin U_{kr} kritik qiymətinə qədər davam edir. Əyrinin a-b parçasında VAX-nda doyma halı yaranır. Normal atmosfer şəraitində, müstəvi elektrodlar arasında məsafə 1 sm olduqda havada yaranan doyma cərəyanının sıxlığı 10^{-9} A/mm² olur. Bu ESG-n 600 V/mm qiymətində baş verir. Ona görə zərbə ionlaşması olmadıqda, qazlara ideal dielektrik kimi baxılır. VAX əyrisində cərəyanın sabit hissəsi, ionlaşmanın xarici amillərdən asılı olduğu intervalına aiddir.

Kritik qiymətdən böyük gərginliklərdə, zərbə ionlaşması, aralıqda yüklərin selinin və cərəyanın kəskin artmasına səbəb olur. Bu zaman, şəkl.1.2.1-də VAX asılılığı əyrinin b-c hissəsinə uyğun dəyişir. Göründüyü kimi əyrinin c ucunda mənfi işarəli müqavimət müşahidə edilir. Bu hadisə boşaldıcı və qeyri xətti ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcılarında nəzərə alınır.



Şəkl. 1.2.4. Qazlarda cərəyanın gərginlikdən asılılığı –VAX əyrisi

1.2.4 Maye dielektriklərin elektrik keçiriciliyi

Mayelərin elektrik keçiriciliyi onların quruluşu və tərkibi ilə sıx bağlıdır. Mayelərin keçiriciliyinə *dissosasiya* güclü təsir edir. Maddənin parçalanıb tərkibə keçməsinə *dissosasiya* deyilir. Neytral mayelərdə elektrik keçiriciliyi *dissosasiya* olunmuş aşqarlar və nəmlənmənin hesabına artır. Polyar mayelərdə keçiricilik, mayenin öz molekula *dissosasiyası* hesabına artır.

Mayelərdə keçiricilik cərəyanları *ionların* və əsas mayedə asılmış vəziyyətdə böyük həcmli *kolloid* maye molekullarının hesabına artır. Birinci halda yaranan keçiricilik ion, ikinci halda olan keçiricilik isə *molion* və ya

kataforetik keçiricilik adlanır. Bunlardan başqa mayelərdə, elektrik sahəsinin deşilməyə yaxın olan qiymətlərində, keçiriciliyə elektronlar da qoşulur. İon və kataforetik keçiriciliklər isə elektrik sahəsinin həm zəif, həm də böyük qiymətlərində müşahidə edilirlər.

Neytral molekulların dissosiasiyası hər iki işarəli ionların yaranmasına səbəb olur. Parçalanma bəzi hallarda mayenin öz molekullarında, əksər hallarda isə qarışıqların molekullarında olur. Texniki təmiz mayələrin istehsal prosesində tərkibə həmişə aşqarlar qarışır. Aşqarlar həm də istismarda olan mayələrin özündə özündə pis istismar şəraitlərində ətraf mühətdən nüfuz edən hissəciklər, yüksək temperatur və köhnəlmə proseslərindən də artır. Bütün hallarda, neytral molekulanın parçalanması iki əks işarəli ion yaranmasına səbəb olur. İon yükü mütləq qiymətcə elektronun yükünə bərabər olur. Kolloid hissəciklər, ölçüsü $10^{-6} \div 10^{-4}$ mm, asılmış vəziyyətdə olan molekullardır. Elektrik sahəsi olmadıqda onlar, nizamsız Broun hərəkətində olurlar. Bir neçə səbəblər kolloid hissəcikləri mütləq yüklənmiş vəziyyətə salır. Mayenin özünə nisbətən onlar müəyyən ζ dzetta-elektrokinetik potensialına malik olurlar. Dzetta potensialı maye dielektrikin fiziki-kimyəvi xassəsindən asılı olub $0.03 \div 0.07$ arasında dəyişir. O zaman, kolloid hissəciklərin yükü: $z_k = 4\pi\epsilon_0 \zeta \epsilon_{mn} R_k$ kimi təyin edilir. Burada ϵ_{mn} – mayenin nisbi dielektrik nüfuzluluğu, R_k – kolloid hissəciyin sferik radiusudur. R_k -n işarəsi kolloid hissəciyin ϵ_{kn} nisbi dielektrik nüfuzluluğunun, mayenin nisbi dielektrik nüfuzluluğuna nisbətənlə təyin edilir. Əgər, $\epsilon_{kn} > \epsilon_{mn}$ olarsa, kolloid hissəcik müsbət və əksinə $\epsilon_{kn} < \epsilon_{mn}$ mənfi olacaqdır.

Maye dielektrlərdə keçiricilik cərəyanlarının sıxlığı ümumi halda aşağıdakı kimi yazılır: $j = n_+ q_+ u_+ + n_- q_- u_- + n_k q_k u_k$ (1.2.4) burda, n_+ , n_- , n_k – uyğun olaraq, vahid həcmdəki müsbət, mənfi və kolloid hissəciklərin sayı, q_+ , q_- və q_k – onların yükləri; u_+ , u_- , u_k – elektrik sahəsinin qüvvə xətləri istiqamətində hissəciklərin dreyf hərəkət sürətləridir. Məlumdur ki, yüklü hissəciklərin orta hərəkət sürəti və ESG-nə aid yürüklük $u = kE$ asılılığı ilə təyin edilir. Zəif elektrik sahələrində ($E < 1kV/sm$) ionlar və kolloid hissəciklərin yürüklüyü k_+ , k_- , k_k sabit qalır və ESG-dən asılı olmur. İonların yürüklüyü $10^{-4} sm^2/(Vsan)$, kolloid hissəciklərin yürüklüyü isə, $10^{-7} sm^2/(Vsan)$ qiymətlərində olur. Ona görə (1.40) ifadəsi başqa şəkildə yazıla bilər:

$$j = (n_+ q_+ K_+ + n_- q_- K_- + n_k q_k K_k) E = \gamma \cdot E \quad (1.2.5)$$

burada, γ – maye dielektrlərin xüsusi keçiriciliyidir. Göründüyü kimi zəif elektrik sahəsində keçiricilik cərəyanlarının sıxlığı ESG-dən xətti asılılığa malik olur. Bu halda Om qanunu ödəyir.

Mayələrin xüsusi keçiriciliyi temperaturdan asılı olur. Temperatur artdıqca γ artır. Bunun səbəbi dissosiasiyanın ionların konsentrasiyasının və

sahədə yüklü hissəciklərin yürüklüyünün artmasıdır. Xüsusi keçiriciliyin temperatur asılılığı aşağıdakı kimi yazılır:

$$\gamma = \gamma_0 \exp[a(T - T_0)] \quad (1.2.6)$$

burada, γ_0 - $T=T_0$ temperaturlardakı xüsusi keçiricilik; a - keçiriciliyin temperatur əmsalındır, maye dielektriklərin tərkibi və xassələrindən asılı olaraq dəyişir.

Transformator yağları üçün $a \approx 0.02$ qəbul edilir. Mayələrin xüsusi keçiriciliyi Valden qanununa görə özülülüklərdən asılıdır:

$$\gamma\eta = \text{const} \quad (1.2.7)$$

burada η - dinamik özülülük əmsalındır.

Güclü elektrik sahələrində- ($E > 10 \text{ kV/sm}$), xüsusi keçiricilik- γ , ESG artdıqca artır. Bu zaman proses Om qanunundan çıxır. Bu hadisə mayelərdə dissosiasyanın və hissəciklərin yürüklüyünün artması ilə izah edilir. Xüsusi keçiriciliyin ESG-dən asılılığı aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\gamma = \gamma_0 \exp[b(E - E_0)] \quad (1.2.8)$$

burada, γ_0 - $E=E_0$ olduqda maye dielektrikin xüsusi keçiriciliyi, b-konsentrasiya və yürüklüyün ESG-dən asılılıq əmsalındır. Göründüyü kimi, sərbəst yüklü hissəciklər mayelərdə özlərini aşqarlar kimi aparır. Ona görə maye dielektriklərin keçiricilikləri- γ onların tərkibinin təmizliyindən güclü asılılığa malikdir. Texnik təmiz neytral mayələrin keçiricilikləri $\gamma = 10^{-11} \div 10^{-14} \text{ I/(Om}\cdot\text{m)}$, polyar mayələrin keçiricilikləri isə, $10^{-8} \div 10^{-12} \text{ I/(Om}\cdot\text{m)}$ həddlərində dəyişir.

Aralığa uzun müddət tətbiq edilən işçi gərginliyin təsiri ilə, ionlar və kolloid hissəciklər elektrodlar yaxınlığına toplanır və keçiricilik cərəyanlarında iştirak etmirlər. Nəticədə keçiricilik xeyli azalmış olur. Bu mexanizm mayələrin təmizlənmə texnologiyasında istifadə edilir. Bu proses ən çox təbii neft yağlarının təmizlənməsinə aiddir.

Sintetik mayələr:- sovol, sovtol, silisium, xlor və flor qarışıqlı süni yağların alınmasında tərkiblərin təmizlənməsi texnoloji prosesin əsasını təşkil edir.

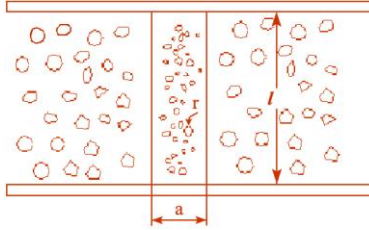
Bir çox yüksək gərginlikli qurğuların elektrik izolyasiyasında neft və ya sintetik maye dielektrikləri geniş tətbiq tapmışdır. Onlara transformator, kabel, kondensator, açar və s. kimi qurğu və aparatlar aiddir. Onlarda elektrik sahələri əsasən qeyribircinsli olur. Bu zaman maye izolyasiyanın deşilməsi müəyyən yerlərdə ESG-nin yerli artımları hesabına baş verir. Mayenin deşilməsi elektrik sahəsi istiqamətində qeyribircinsliliyin qiyməti və ölçüsü (yayılması) çox olan yerlərdən başlayır. Böyük ölçülü sahələrdə qeyribircinsliliyə malik olan nümunələrin elektrik möhkəmliyi aşağı olur. Maye dielektriklərin molekullarının intensiv istilik hərəkətləri, qeyribircinsli sahələrin forma və ölçülərini dəyişdirir. Mayələrin tərkibi həm də

kaoqulyasiya edib yığılan böyük oblastlar hesabına da dəyişir. İstilik sahəsi isə kaoqulyantlara təsir edərək onları parçalayır. Qeyribircinsli oblastlar elektrik sahəsi təsirindən polyarizasiya olunurlar. Nəticədə səth istiqamətində onların ölçüləri böyüyür. Sahə istiqamətində artan qeyribircinslilik isə molekulların xaotik Broun hərəkəti təsirindən dağılır. Beləliklə kaoqulyasiya etmiş böyük ölçülü qeyribircinsliliklər molekulların istilik hərəkəti və elektrik sahəsi təsirindən müəyyən “yaşama müddətinə” malikdirlər. Bu proseslərdə temperatur asılılığı əsas əhəmiyyət daşıyır. Sahə istiqamətində yaranan böyük ölçülü qeyribircinsliliyin kənarlarında yerli ESG artır. ESG verilmiş maye üçün deşilmə həddinə çatarsa, boşalma kanalı inkişaf etməyə başlayır. Kanal elektrodlar arasını tamamilə bürüyür. Lakin qeyribircinsli elektrik sahəsində inkişaf edən kanalın uclarında ESG-nin təsiri az olduğundan boşalma natatmam (qismi boşalma) olur.

Laikn bərk dielektrlərdə qeyribircinsli sahələrin ölçüləri dəyişmir. Məsələn qeyribircinsli tərkibə malik olan farforun içərisində kristal, şüşə əmələgətirici və məsamələr olduğuna baxmayaraq onlar mürəkkəb, lakin sabit bir quruluş təşkil edirlər. Qeyribircinslilik mayədə bir qərarda paylanarsa, onun konsentrasiyası aşağıdakı kimi hesablanır şəkl 1.2.5:

$$p = \frac{4\pi \cdot r^3}{3 \cdot a^3} \quad (1.2.9)$$

burada p - qeyri bircinsli oblastda toplanan kürəciklərin orta radiusları, a - qeyribircinsli kürələrin mərkəzləri arasındakı məsafədir. Qeyribircinslilik mayələrdə ixtiyari qaydada qarışıq.



Şəkl.1.2.5 Mayələrdə qeyribircinsliliklərin paylanması

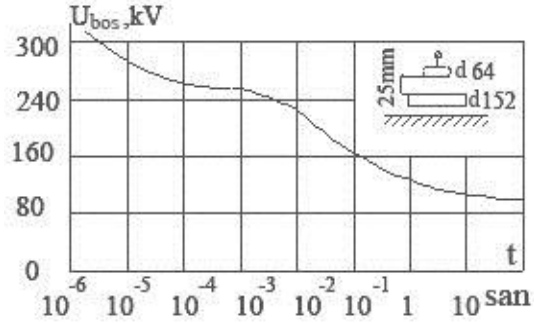
Onların konsentrasiyası tutduğu həcm, maddənin həcminə nisbəti kimi təyin edilir (1.2.9). Maye izolyasiyada qeyribircinslilik paylanması aşağıdakı kimi yazılır:

$$p_1 = \frac{4\pi \cdot r^2}{\pi \cdot a^2} = 4 \frac{r^2}{a^2} \quad (1.2.10)$$

Qeyri bircinsliliyin silindrin daxilinə və onun mərkəzinin də silindrin oxuna düşmə ehtimalı son iki funksiyanın hasilini kimi təyin edilir:

$$p_2 = p_1 \cdot p = \frac{4r^2}{a^2} \cdot p \quad (1.2.11)$$

Qısa müddətli təsir edən impuls gərginliyinin qiyməti kifayət olmadıqda, boşalma kanalı yenə də başa çatmır. Qeyribircinsliliyin yaranması, sahə təsirindən inkişafı və sürətlə dağılması, eyni bir nümunədə deşilmə gərginliklərinin böyük intervallarında dəyişməsinə səbəb olur. Ona görə tətbiq olunan gərginlik, istilik hərəkətinin artması və qeyribircinsliliyin dağılmasına səbəb olmazsa maye və bərk dielektrlərə oxşar fiziki model kimi baxırlar. Şək.1.2.6-da maye dielektrlərdə boşalma gərginliklərinin təsir edən gərginliyin müddətindən asılılığı verilmişdir.



Şək. 1.2.6. Boşalmanın gərginliyin təsir müddətindən asılılıqları

1.2.6. Bərk dielektrlərin elektrik keçiriciliyi

Qaz, hava və mayelərdən fərqli olaraq, bərk dielektrlər üçün həcmi və səthi keçiriciliklər xarakterikdir. YG-də bu amil səthi və həcmi keçiricilik üçün daha çox təsir edir.

Səthi keçiricilik. Bərk dielektriğin səthini gözlə görünməyən, absorbsiya olunmuş nazik buxar təbəqəsi örtür. Nəmlənmiş təbəqədə səth çirklənmələri elektrolitik pərdə yaradır. Çirkləndirici maddələrin molekulları dissosiasiya olunaraq ionlara parçalanır. Ona görə bir qayda olaraq, bərk dielektriğin səthinə absorbsiya olunmuş nəmlik kifayət qədər keçiricilik yaradır. Prosesin əsas xarakteristikası kimi, xüsusi səthi keçiricilik $-\gamma_c$ kimi işarə edilir. γ_c -in qiyməti, bərk dielektriğin suda islanma dərəcəsi və ya səthinin nəmçəkməsindən asılıdır. Başqa sözlə, ətraf mühitin nəmliyindən güclü asılıdır.

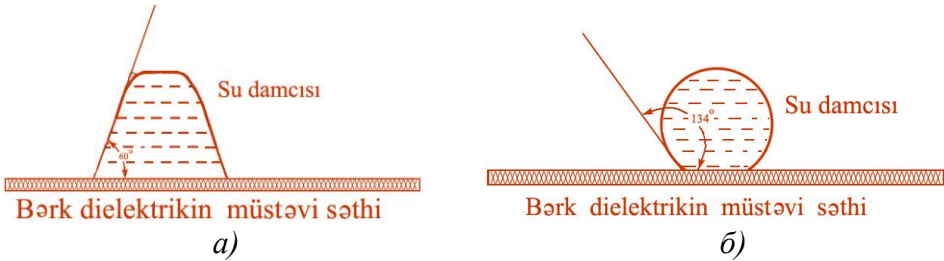
Dielektrlərin əksəriyyəti suda yaxşı islanaraq nəmliyi absorbsiya edirlər. Suda islanma bərk dielektriğin səthi ilə su damcısının sferik səthi arasında yaranan bucaqla ölçülür. İslanan səthlərdə su damcısı ilə bərk dielektriğin səthi arasında bucaq $\pi/2$ -dən kiçik olur və əksinə Şək.1.2. Yaxşı islanan dielektrlərə *hidrofil materiallar* deyilir. Onlarda su damcıları dielektrik səthinə yayılaraq nazik pərdə yaradır. Onlarda mühitin nəmliyindən asılı olaraq səthi keçiricilik çox artır. Havanın nəmliyi 0-dan 80 %-ə artdıqda, səthinə hamar şir (qlazur) çəkilmiş farforun səthi keçiriciliyi, 10^{-13} -dən 10^{-9}

OM^{-1} -a qədər artır. Nəmliyin nüfuz etməsini azaltmaq üçün izolyatorların üzərinə xüsusi *hidrofob* örtük çəkilir.

Islanmayan dielektrlərdə səthlə damcı arasında bucaq $\pi/2$ -dən böyük olur. Suda islanmayan maddələr *hidrofob* adalanır. Belə dielektrlərin səthində kiçik damcılar ayrı-ayrı yerlərdə absorbsiya olunur və bütöv nəmli pərdə yarada bilmir. Ona görə, hidrofob materialların səth keçiricilikləri hidrofil dielektrlərə nisbətən, 10^2 - 10^3 dəfə kiçik olur. Yalnız səthi bütövlüklə bürüyən şəh olduqda (şəh nöqtəsi) γ_c - artır. Hidrofob materiallar qrupuna parafin, fytoplast, silisium-üzvi plimerlər və s. daxildir.

Həcmi keçiricilik. Elektrik sahəsində bərk dielektrikin qalınlığı üzrə malik olduğu elektrik keçirməsidir. Bu keçiricilik tək və ya hər iki işarəli ionların hərəkəti hesabına baş verir. Güclü elektrik sahəsində isə, bu keçiriciliyə sərbəst elektronların keçiriciliyi də əlavə olunur və daha çox artır. İon keçiricilikləri həm zəif, həm də güclü elektrik sahələrində müşahidə edilir. Bərk dielektrlərdə sərbəst elektronlar katodun səthindən emissiya edirlər. Emissiya həm də anodda qalan deşiklər (boş yerlər) və tunel keçiriciliyi ilə elektronların normal valent zonasından keçiricilik zonasına keçmələri materialda yüklərin sayını və keçiriciliyini artırır.

Dielektrlərin daxili elektrik keçiriciliyi xüsusi həcmi keçiriciliklə- γ_v xarakterizə olunur. Daxili keçiricilik xüsusi həcmi müqavimətin tərs qiymətidir:- $\gamma_v=1/\rho_v$. Onun qiyməti bir çox amillərlə yanaşı, dielektrikin tərkibindən asılıdır. Həm də materialın öz tərkibi deyil onlardakı aşqarların güclü təsiri olur..



Şək.1.2.7. Yaxşı islanan bərk dielektrikin su damcısı ilə -a və pis islanan dielektrikin səthinin su damcısı ilə yaratdığı vəziyyət- b.

Nəmlik də xüsusi rol oynayır. Nəmli şəraitdə yerləşdirilmiş bərk dielektrlərdə su udma xassəsi görünür. Bu xassə xüsusilə məsaməli və lifli materiallarda çoxdur. Ağac, kağız, karton, bakelit və s. belə materiallara aiddir. Bərk dielektrlər nəmləndikdə onların xüsusi keçiriciliyi və tutumu xeyli artır. Məsələn, kartonun nəmliyi bir neçə % artdıqda, xüsusi keçiriciliyi 3-4 dəfə artır.

Xüsusi həcmi keçiriciliyin qiyməti həm də temperaturdan asılı olaraq artır. Bu nəmlikdə su buxarlarının dissosiasiyası və ionların yürüklüyünün

artması ilə izah edilir. Bərk dielektrlərdə də γ_B -nin temperatur asılılığı (1.2.3) formulası ilə ifadə edilir.

Polimer dielektrlər üçün ən uyğun olan ifadə aşağıda yazılır:

$$\gamma_v = Ae^{-B/T} \quad (1.2.11)$$

burada, A və B sabit kəmiyyətlərdir.

Bəzi materiallarda keçiriciliyin ESG-dən asılılığı Frenkel ifadəsi ilə təyin edilir:

$$\gamma_v = \gamma \cdot e^{\beta_1 \sqrt{E}} \quad (1.2.12)$$

Materiallarda nəmlik udma xassəsi və nəmliyin nüfuz etməsini azaltmaq üçün onları maye dielektriklə hopdurur və ya səthlərinə qatı hidrofob mayələr sürərək məsələləri örtürlər.

Nəmlik artdıqca materialın tutumu da artır. Ona görə bəzi ölçmələrdə tutumun artımlarına görə nəmlənmə dərəcəsi təyin edilir.

1.3. Polyarizasiya və dielektrik itkiləri

Elektrik sahəsində dielektrlərin bağlı və sərbəst yükləri elektrik momenti qazanaraq müəyyən istiqamət alırlar ki, buna polyarizasiya deyilir. Polyarizasiya dönmə prosesidir. Elektrik sahəsi kəsildikdə maddə yenidən elektrik momentini itirir və əvvəlki normal vəziyyətə qayıdır – polyarizasiya olmayan hala keçirlər.

1.3.1. Yerdəyişmə polyarizasiyası

Elektrik sahəsi olmadıqda dielektrik molekulların elektrik momenti sıfır olur. Sahənin təsiri ilə molekulların müsbət və mənfi yüklərinin mərkəzləri yerdəyişərək dipollara çevrilirlər. Dipol yüklərinin işarələrinə görə, sahə istiqamətində müsbət yük, əksinə isə mənfi yük yönəlmiş olur. Gərginlik artdıqca yüklərin sahədəki hərəkət intensivliyi artır və polyarizasiyada daha sıx yüklər yaranır.

Dielektrlərdə yaranan dipollar elektrik sahəsi olmadıqda ixtiyari orientasiyada olduqlarından hər tərəfə bərabər sayda səpələnirlər. Sahədə isə dipollar elektrik sahəsinin istiqamətinə yönəlir. Bütün hallarda polyarizasiya zamana görə dəyişir: Bu proseslər elə sürətlə keçir ki, ani qəbul edirlər. Məsələn elektron orbitasının yerdəyişməsi 10^{-15} san ərzində baş verir. Buna ani və ya ətalətsiz polyarizasiya deyirlər. Digər polyarizasiyalar az sürətli olduğundan qərarlaşma müddətləri bir neçə saniyələr çəkir. Polyarlaşmış dielektrləri xarakterizə edən əsas kəmiyyətlər arasında statik elektrik sahəsinin yerdəyişmə vektoru D , elektrik sahə gərginliyi E və polyarizasiya P aşağıdakı ifadə yazılır:

$$\underline{D} = \varepsilon_0 \underline{E} + \underline{P} = \varepsilon_0 \varepsilon_n \underline{E} \quad (1.3.1)$$

burada ε_0 -elektrik sabiti, $8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m; ε_n - nisbi dielektrik nüfuzluluğudur.

Dəyişən elektrik sahəsində $E = E_m e^{j\omega t}$ üçün, (1.3.1) ifadəsi yalnız kiçik tezlik intervalında və $T = 2\pi/\omega$ periodunun polyarizasiyasının qərarlaşma müddətindən böyük olan hallarında doğrudur. Əks halada, D və E kompleks kəmiyyətləri, prosesin gecikməsilə fazaca fərqlənəcəkdir. Ona görə, ümumi halda \underline{D} və \underline{E} arasında aşağıdakı asılılıq yazıla bilər:

$$\underline{D} = \varepsilon_0 \underline{\varepsilon}_n \underline{E} \quad (1.3.2)$$

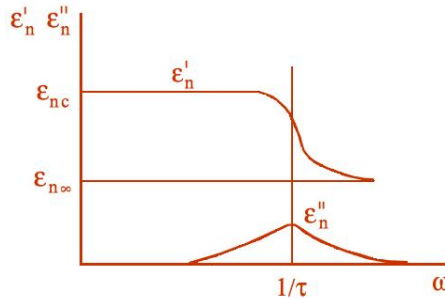
burada $\underline{\varepsilon}_n = \varepsilon'_n - j\varepsilon''_n$ - kompleks nisbi dielektrik nüfuzluluğudur. Uyğun olaraq ε'_n -həqiqi dielektrik nüfuzluluğu, ε''_n -xəyali dielektrik nüfuzluluğudur. Qarışıq tərkibli dielektrlərdə polyarizasiya həm ani, həm də ləngimə ilə keçir. Ona görə müəyyən müddətlərdə dielektrikdə keçən polyarizasiya özünü 3 əsas parametrlə göstərir: ε_s – statik nisbi dielektrik nüfuzluluğu, qərarlaşmış polyarizasiyalar; $\varepsilon_{n\infty}$ -optik nisbi dielektrik nüfuzluluğu, ani polyarizasiyaya və ya ifrat yüksək tezliyə $\omega \rightarrow \infty$ -ə uyğun olan kəmiyyətdir; τ -relaksasiya müddəti, polyarizasiyanın inkişafında aperiodik prosesin zaman sabitini ifadə edən gecikmədir.

Göstərmək olar ki, belə mürəkkəb dielektrlər üçün yazıla bilər:

$$\varepsilon'_n = \varepsilon_{n\infty} + \frac{\varepsilon_{ns} - \varepsilon_{n\infty}}{1 + \omega^2 \tau^2}; \quad (1.3.3)$$

$$\varepsilon''_n = \omega \tau \frac{\varepsilon_{ns} - \varepsilon_{n\infty}}{1 + \omega^2 \tau^2}.$$

ε'_n və ε''_n -in ω -dan (1.3.3) formulası ilə olan asılılığı şəkl.1.3.1-də verilmişdir. Özülü mayədə dipolların dönməsi bir sürtünmə müqavimətilə qarşılaşır. Qatılığı çox olan mayelərdə bu müqavimət böyük olduğundan, yüksək tezlikli elektrik sahələrində dipolların dönməsi sahənin dəyişməsinə çata bilmir və dipol-relaksasiya polyarizasiyası azalır.

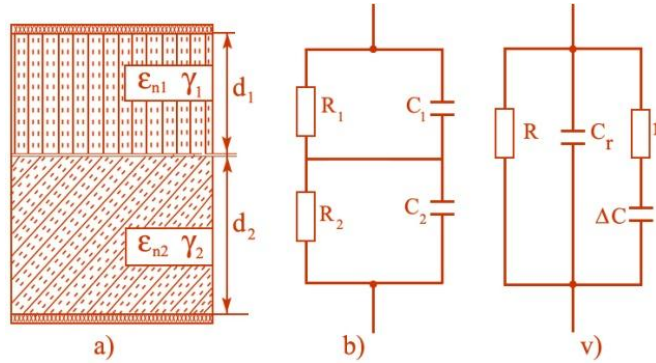


Şək.1.3.1. Dielektrik nüfuzluluqlarının həqiqi və xəyali təşkilədicilərinin tezlik asılılıqları

Relaksasiya müddəti- τ temperaurdan asılıdır. Çox hallarda τ ilə T tərs mütənəsb olur. Bu isə, ϵ_n , ϵ_n dielektrik nüfuzluluqlarının temperaturdan güclü dəyişməsinə səbəb olur. Kombinə edilmiş tərkibə malik olan dielektrlərdə polyarizasiya proseslərinin zaman asılılıqları, biri-birindən fərqli rekombinasiya müddətləri və ya məxsusi tezliklərilə xarakterizə olunur. Burada verilmiş qanunauyğunluqlar, bağlı yüklərin yerdəyişməsi ilə yaranan bütün polyarizasiya mexanizmlərinə aiddir. Bəzən iri həcmli sərbəst yüklərin köç hərəkəti ilə meydana çıxan *miqrasiya polyarizasiyası* daha güclü effektlər yaradır.

1.3.2. Elektrik sahəsində maddələrin polyarizasiyası. Miqrasiya polyarizasiyası

Elektrik sahəsinin təsirinə düşdükdə izolyasiya materiallarında polyarizasiya baş verir. Ədəbiyyatlarda polyarizasiyanın müxtəlif növləri veirlir [3,4]. Yüksək gərginlikli qurğu izolyasiyaları mürəkkəb tərkiblərə malik olduğundan onlarda polyarizasiyanın bütün növləri müşahidə edilir. Xüsusilə miqrasiya polyarizasiyası, makroskopik qeyribircinsli və aşqar qarışıqları olan bərk dielektrlərdə meydana çıxır. İkiqatlı dielektrlərdə miqrasiya polyarizasiyasının hərəkət xarakterli polyarizasiya mexanizmləri şək.1.3.2-də izah edilir:



Şək.1.3.2 Kombinə edilmiş ikiqatlı dielektrik a), əvəz sxemləri (b, v)

Bu zaman qeyribircinsli tərkibdə əsasən ionlardan ibarət sərbəst yüklər elektrik sahəsinin təsiri ilə hərəkət edirlər. Miqrasiya polyarizasiyasının tətbiqi əsasən yüksək gərginlikli izolyasiya konstruksiyalarında istifadə edilən kombinə edilmiş dielektrlər və ya qeyribircinsli materiallara xasdır.

Şək.2.13 a)-dan görüldüyü kimi kombinə edilmiş izolyasiya müstəvi elektrodlar arasında yerləşdirilimişdir. Birinci əvəz sxemi b) qatlara və qatlarda meydana çıxan miqrasiya polyarizasiyasının başlanğıc mərhələsinə əsasən qurulmuşdur. İkinci əvəz sxemi v), polyarizasiya prosesinin qərarlaşmış halı üçün qurulmuşdur.

Sxemin elementləri izolyasiya qatlarının ε_{n1} , ε_{n2} , γ_1 və γ_2 – parametrlərindən asılı olaraq aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= \frac{1}{\gamma_1} \frac{d_1}{S}; & C_1 &= \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{n1} S}{d_1}; \\ R_2 &= \frac{1}{\gamma_2} \frac{d_2}{S}; & C_2 &= \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{n2} S}{d_2}. \end{aligned} \right\} \quad (2.17)$$

burada d_1 və d_2 – uyğun olaraq, birinci və ikinci dielektrikin qalınlıqları, S - elektrodların sahəsidir.

İkinci əvəz sxemində $R=R_1+R_2$ –qərarlaşmış polyarizasiada iki qatlı dielektrikdə sızma cərəyanına göstərilən müqavimətə mütənəsib olan keçiriciliyi göstərir, $C_h = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ - izolyasiyanın həndəsi tutumudur. İkinci

əvəz sxeminin digər iki – r və ΔC elementləri, dielektrik qatlarının xüsusi parametrlirinə əsasən aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\left. \begin{aligned} r &= \frac{R_1 R_2 (R_1 + R_2) (C_1 + C_2)^2}{(R_1 C_1 - R_2 C_2)^2} \\ \Delta C &= \frac{(R_1 C_1 - R_2 C_2)^2}{(R_1 + R_2)^2 (C_1 + C_2)}. \end{aligned} \right\} \quad (2.18)$$

İfadələr hər iki sxemin tam müqavimətlərinin bərabərliyi şərtlərindən hesablanmışdır.

II əvəz sxeminə görə qeyribircinsli dielektrik tutumunun tezlikdən asılılığını təyin edirlər:

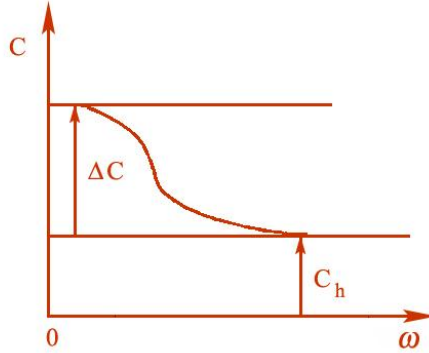
$$C(\omega) = C_h + \Delta C / (1 + \omega^2 T^2), \quad (2.19)$$

burada $T = r \Delta C = \frac{R_1 R_2 (C_1 + C_2)}{R_1 + R_2}$ - zaman sabitidir.

(2.19) formulasına uyğun olan $C=f(\omega)$ asılılığı şəkl.2.14 –də verilmişdir. Şəkildən qeyribircinsli dielektrikdə həndəsi tutumun C_h sonsuz böyük tutuma uyğun olduğu görünür. Bu halda γ_1 və γ_2 keçiricilikləri dielektrik qatlarında elektrik sahəsinin paylanmasına təsir göstərmir. Tezlik artdıqca, $C(\omega)$ tutumunun dəyişməsi şəkl. 2.14 –də göstərilmiş ε_n' –in dəyişmə əyrisinə uyğun asılılığa malik olur. Belə asılılıq qeyribircinsli dielektrikdə dəyişən gərginlik təsiri ilə meydana çıxan prosesin bir hissəsinin ani polyarizasiya ilə digər qisminin isə $\tau = T = r \Delta C$ relaksasiya müddətilə baş verdiyini göstərir. Qeyd olunan polyarizasiya effekti yalnız qeyribircinsli dielektriklərə aiddir. Həqiqətdə isə şəkl. 2.14-də verilmiş tutumun tezlik asılılığı (2.18) formulasında göstəriləni kimi $\Delta C \neq 0$ olduqda mümkün olur. O isə (2.20) formulasından $R_1 C_1 \neq R_2 C_2$ şərtinin ödənilməyi halda doğrudur.

Deyilənlərə əsasən (2.19) formulasında çevirmələr aparmaqla aşağıdakı ifadə alınır:

$$\varepsilon_{n1}/\gamma_1 \neq \varepsilon_{n2}/\gamma_2 \quad (2.20)$$



Şək.2.14 Qeyribircinsli dielektrikin tutumunun (C), ω - tezliyindən asılılığı

(2.20) ifadəsi dielektriklərin qeyribircinsli tərkibə malik olduğunu və eyni zamanda ikiqatlı dielektrikdə miqrasiya polyarizasiyasının mövcudluğunu göstərir.

Miqrasiya polyarizasiyası iki dielektrik qatının sərhəddi boyu absorbsiya yüklərinin toplanması ilə xarakterikdir. Uzun müddəli sabit U_0 gərginliyi təsir etdikdə qatlarda gərginlik meydana çıxır:

$$U_1 = U_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}; \quad U_2 = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

Uyğun olaraq, C_1 və C_2 tutumlarında aşağıdakı q_1 , q_2 yükləri toplanır:

$$q_1 = U_1 C_1 = U_0 \frac{R_1 C_1}{R_1 + R_2}; \quad q_2 = U_2 C_2 = U_0 \frac{R_2 C_2}{R_1 + R_2}.$$

İki dielektrik sərhəddində yüklərin mütləq cəm qiyməti onların fərqi kimi təyin edilir:

$$|q_{mut}| = |q_1 - q_2| = U_0 \frac{|R_1 C_1 - R_2 C_2|}{R_1 + R_2}. \quad (2.21)$$

Əgər dielektriklərin qeyribircinsliliyi (2.18) ifadəsinə uyğun $R_1 C_1 \neq R_2 C_2$ olarsa, onda qatların sərhəddində absorbsiya yükləri toplanır. Absorbsiya yüklərinin toplanması isə, izolyasiyanın qeyribircinslilik dərəcəsi ilə təyin edilir. İzolyasiya elementlərini təşkil edən dielektriklər fərqli dərəcədə qeyribircinsliliyə malikdirlər. İdeal bircinsli tərkibdə dielektrik almaq mümkün deyildir. Müxtəlif xüsusi keçiricilikləri (γ_1 və γ_2 olan), dielektrik nüfuzluluqları isə ε_1 , ε_2 və paylanmış defektlərə malik olan ikiqatlı izolyasiyanın sxemində görünür ki, qatlardan biri nəmlənmiş olarsa, daha böyük dielektrik nüfuzluluğu və keçiricilik qazanır.

İzolyatorlar mümkün olan ən pis iqlim və təbii şəraitlərdə işlədiyindən belə amillərə qarşı onlara ciddi tələblər qoyulur. Bütün dünyada uzun müddət izolyatorlar kimi elektrotexniki farfor istifadə edilirdi. Son zamanlar isə izolyatorlarda qeyri üzvi şüşə istifadə edilir. Lakin şüşə lifli materiallar silikon örtüklərlə birlikdə işədikdə absorbsiya problemi nəzərə alınmalıdır.

1.3.3. Dielektrik itkiləri

Təsir edən dəyişən gərginlik dielektrikdə yerdəyişmə və keçiricilik cərəyanları yaradır. (1.3.2) ifadəsinə uyğun olaraq, yerdəyişmə - $J_{\text{yerdəyiş}}$ keçiricilik - $J_{\text{keç}}$ cərəyanları üçün aşağıdakı ifadələri yazmaq olar:

$$\left. \begin{aligned} J_{\text{keç}} &= \gamma \underline{E} \\ J_{\text{ydey}} &= \omega \varepsilon_0 \varepsilon'_n \underline{E} + j \omega \varepsilon_0 \varepsilon''_n \underline{E} \end{aligned} \right\} \quad (1.3.9)$$

burada \underline{E} -elektrik sahə gərginliyi, ε'_n , ε''_n uyğun olaraq, dielektrikin həqiqi və xəyali dielektrik nüfuzluluqlarıdır, ω – dövrü bucaq tezliyidir. J_a - aktiv cərəyan sıxlığı aşağıdakı kimi təyin edilir.

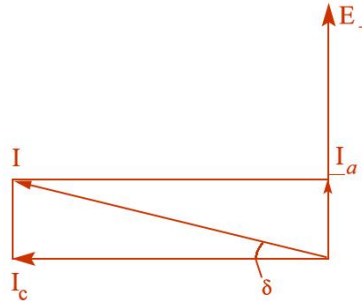
$$J_a = \gamma \underline{E} + \omega \varepsilon_0 \varepsilon''_n \underline{E} = (\gamma + \omega \varepsilon_0 \varepsilon''_n) \underline{E}, \quad (1.3.10)$$

Dielektrikin vahid həcmində ayrılan xüsusi güc itkisi:

$$p_{\text{diel}} = J_a \underline{E} = (\gamma + \omega \varepsilon_0 \varepsilon''_n) \underline{E}^2 \quad (1.3.11)$$

(1.3.11) ifadəsindən görünür ki, dəyişən gərginlik təsiri ilə dielektrikdə enerji səpələnməsinin iki səbəbi vardır:- keçiricilik və uzun müddətli dipol-relaksasiya polyarizasiyaları. Yalnız $\tau \approx 0$ olduqda ikinci prosesdə ε''_n sıfır olur.

Əgər $\tau > 0$ olarsa, polyarizasiya zamandan asılı olaraq artır, yerdəyişmə cərəyanının aktiv təşkilədicisi hesabına polyarizasiya itkiləri enerji səpələnməsinə səbəb olur. Zamana görə dəyişən- $\tau \neq 0$ ixtiyari polyarizasiya, keçiricilik cərəyanı olmasa belə dielektrik itkilərinə səbəb olacaqdır. (1.3.11)-də verilmiş cərəyan sıxlığının aktiv toplananı J_a aşağıdakı kimi ifadə edilir:- $J_a = J_c \cdot \text{tg} \delta$, brada J_c - yerdəyişmə cərəyanının tutum toplananı, δ –dielektrik itki bucağıdır şəkl. 1.3.4.



Şək.1.3.4.Dielktrik itki bucağı δ -nin izahat sxemi.

tgδ-nın yaranmasının əsas səbəbləri polyarizasiya cərəyanlarının aktiv təşkilədicisi, sərbəst yüklərin yaratdığı keçiricilik və səthi sızma cərəyanlarıdır. Deyilənləri nəzərə alaraq, (1.3.11)-dən vahid həcmində olan dielektrik itkilərində xüsusi gücün hesabı aşağıdakı kimi yazılır:

$$p_{diel} = J_c \cdot E \cdot tg\delta, \quad (1.3.12)$$

Dielektrikin bütün həcmində ayrılan tam güc isə, aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$P_{diel} = I_c U \cdot tg\delta = \omega \cdot C \cdot U^2 \cdot tg\delta, \quad (1.3.13)$$

Burada I_c -tutum cərəyanı; U-tətbiq edilən gərginlikdir. İfadədə C tutumu, və tətbiq edilən U gərginliyi Şering körüpsü ilə dəqiq ölçülür.

$tg\delta = I_d / I_c$ kimi təyin edilən tgδ dielektriklərin əsas xarakteristikasıdır. Cərəyan sıxlığının (1.3.10) nəzərə alındıqda, aktiv keçiricilik və dielektrik nüfuzluluqları ilə tgδ üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$tg\delta = \frac{\gamma + \omega \epsilon_0 \epsilon_n''}{\omega \epsilon_0 \epsilon_n'} \quad (1.3.14)$$

Beləliklə tgδ keçiricilik və polyarizasiya parametrlərinin əsas təyinedici kəmiyyətidir. ϵ_n' , ϵ_n'' parametrləri tezlikdən asılı olaraq dəyişdiyindən tgδ da, ω tezliyindən asılı olaraq mürəkkəb dəyişmə xarakterinə malikdir. $tg\delta = f(\omega)$, aşağı tezliklərdə $\gamma \gg \omega \epsilon_0 \epsilon_n''$ olur. Onda tgδ üçün ifadə aşağıdakı kimi yazılır: $tg\delta \approx \gamma / (\omega \epsilon_n' \epsilon_n'')$. Dielektrik itki bucağının tangensi daha iki səbəbdən artır:

-gərginliyin kritik qiymətində izolyasiya materialının daxili məsələlərində və qaz qabarcıqlarında baş verən ionlaşma prosesi;

-izolyasiya materiallarının tərkibində olan defektlər və quruluş qeyribircinslilikləri. Ona görə tgδ-nın qiymətlərilə izolyasiyaya nəzarət edilməsi, əlverişli üsuldur. Çünki qiymətlərə görə izolyasiyada olan müxtəlif xarakterli defektləri müəyyən etmək asan olur. Məsələn, tərkibində defekt olan müstəvi formalı izolyasiyada ölçülən tgδ-nın ifadəsi aşağıdakı kimi yazılır:

$$tg\delta_{ol} = \frac{\epsilon_n V_n tg\delta_n + \epsilon_d V_d tg\delta_d}{\epsilon_n V_n + \epsilon_d V_d} \quad (1.3.15)$$

burada $tg\delta_n$ və $tg\delta_d$, V_n və V_d – uyğun olaraq, izolyasiyanın normal və defektli hissələrinin dielektrik itki əmsalları və həcmələri. Defektlər hesabına dielektrik nüfuzluluğunun dəyişməsi az olduğuna görə $\epsilon_d = \epsilon_n$ götürmək olar. Bu şərtə əsasən, tgδ üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$tg\delta_{ol} = tg\delta_n \left[1 - \frac{V_d}{V} \left(1 - \frac{tg\delta_d}{tg\delta_n} \right) \right] \quad (1.3.16)$$

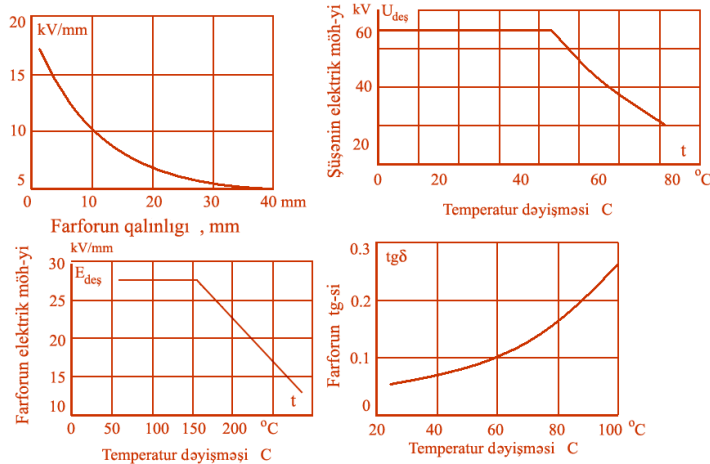
Burada V izolyasiya gövdəsinin bütöv həcmidir. İfadələrdən görünür ki, defektli hissənin ölçüləri kiçik olduqca, ölçülən tgδ normaya yaxın və defekt nəzərə çarpmaz olur. Ona görə bu üsul izolyasiyanın həcmi üzrə yayılmış

defektlər üçün daha əlverişli sayılır. Normal keyfiyyətli izolyasiyada, $1,5 U_{i\dot{s}}$ gərginlik hədlərində $tg\delta$ praktiki olaraq sabit qalır.

Həqiqi dielektrik nüfuzluluğu ε'_n , işçi temperaturlarda sabit götürülür. Xüsusi keçiricilik γ -n temperatur asılılığı, dielektrik itkilərinin də temperatur asılılığına səbəb olur. $tg\delta$ -nın temperatur asılılığına, (1.3.14) keçiricilik təsir etdiyindən ifadəsinə görə $tg\delta_n$ -ə, aşağıdakı ifadə tətbiq edilir:

$$tg\delta = tg\delta_0 \exp[\alpha(T - T_0)], \quad (1.3.18)$$

burada $tg\delta_{0-T=T_0}$ temperaturunda dielektrik itki bucağının tangensidir. Bəzən, isitsmar zamanı onun maksimal qiymətləri elə həddə çatır ki, izolyasiyanın işində ciddi problemlər olur. Çünki, hər izolyasiya üçün işçi temperatur həddi vardır. Məsələn, şək.1.3.5-də farfor və qeyri üzvi şüşədən hazırlanmış izolyasiyanın əsas elektrik parametrlərinin temperaturdan və onların qalınlıqlarından asılılıq əyrləri verilmişdir.



Şək.1.3.5.farfor və qeyri üzvi şüşə izolyasiyanın əsas elektrik parametrlərinin temperaturdan və onların qalınlıqlarından asılılıqları

Əyrlərdən göründüyü kimi, şüşə və farforun elektrik möhkəmiyyəti temperaturdan asılı olaraq kəskin azalır və 152^0 C-farforda, 55^0 C isə şüşə izolyatorlarda deşilmə təhlükəsi yaradır. Gərginliyin artan temperatura görə törəməsi sıfır olduqda, izolyasiyada istilik deşilmə ekstremumu hesablanır:

$$\frac{dU}{dT_{\max}} = 0 \quad (1.3.19)$$

$$\text{Sadə birölçülü müstəvi və silindrlər üçün: } \frac{d^2T}{dz_2} = -\frac{Pd}{\lambda} \quad (1.3.20)$$

Müstəvi nümunələr üçün, sərhəd şərtləri aşağıda ifadə edilmişdir:

$$\lambda \left. \frac{dT_{iz}}{dz} \right|_{z=\frac{d}{2}} = \lambda_e \left. \frac{dT_e}{dz} \right|_{z=\frac{d}{2}} - \lambda \left. \frac{dT_e}{dz} \right|_{z=d_e+\frac{d}{2}} = k_t(T_2 - T_{dm}) \quad (1.3.21)$$

burada T_{iz} , T_e , T_{dm} , T_2 – uyğun olaraq, izolyasiya, elektrod, daxili və xarici mühitin temperaturlarıdır; λ və λ_e –izolyasiya və elektrodun ısıtlikkeçirmə əmsalları, k_t - elektrodun səthindən ətraf mühitə ısıtlik ötürmə əmsallarıdır.

(1.3.19) tənliyinin həlli dəşilmə gərginliyinin aşağıdakı ifadəsini verir:

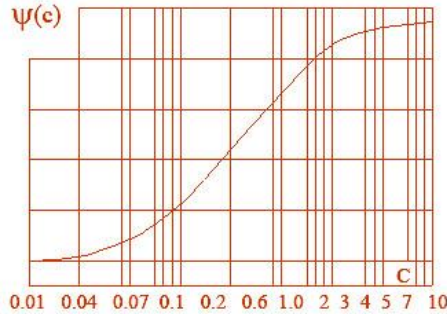
$$U_{des} = \sqrt{\frac{8\lambda}{\alpha_t \gamma_{e0}} \cdot e^{-\alpha_t(T_m - T_0)} \cdot \varphi(c)} \quad (1.3.22)$$

burada $\gamma_{e0} = \omega \epsilon_0 \epsilon_H \cdot tg \delta$, T_m və T_0 , material və ətraf mühitin temperaturlarıdır.

$$\text{Müstəvi nümunələr üçün, } c = \frac{\lambda_e k_t \cdot d}{2\lambda(\lambda_e - k_t d_e)},$$

$$\text{Silindrik nümunələr üçün, } c = \frac{\lambda_e}{\lambda} \cdot \frac{k_t r_1 \cdot \ln \frac{r_1}{r_0}}{\lambda_e + k_t \cdot r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}} \text{ olur.}$$

Şək.1.3.6-da $\varphi(c)$ - funksiyası üçün c parametrini 0,01-10 intervalında dəyişən qiymətləri verilmişdir. Göründüyü kimi 0,1 – 2 arasında c xətti dəyişir [38].



Şək.1.3.6.İsitlik dəşilməsində $\varphi(c)$ parametrinin hesablanma əyrisi.

Fiziki olaraq ısıtlik dəşilməsi aşağıdakı kimi keçir. Dielektrikin qalınlığı üzrə temperatur düşküsi meydana çıxır. Bu aman izolyasiyanın elektrodlara səthinə nisbətən, materialın orta hissələri daha çox qızır. Temperatur artan yerlərdə müqavimət çox azalır və burada elektrik sahəsi təhrif olunur. Bu işə, materialın səthində gərginlik qradientini artırır və ısıtlik dəşilməsi baş verir. Burada elektrod materialının ısıtlik keçiriciliyi də rol oynayır. Ona görə mis elektrod alüminumdan daha keyfiyyətli olur. Alüminium elektrdlə işləyən izolyasiyanın dəşilməsi hesablanan qiymətlərdən daha aşağı gərginliklərdə baş verir. İsitlik dəşilməsi yüksək gərginliklərdə daha çox müşahidə edilir. Ona görə 110 kV və yüksək gərginliklərdə, işləyən izolyatorlar və izolyasiya konstruksiyalarında elektrik dəşilməsilə yanaşı ısıtlik dəşilməsi də vacib yer alır. Bu gərginlik siniflərində izolyasiya konstruksiyalarının hesablatlarında ısıtlik prosesləri nəzərə alınmalıdır.

2. QURĞU VƏ KONSTRUKSIYALARIN ELEKTRİK SAHƏLƏRİ

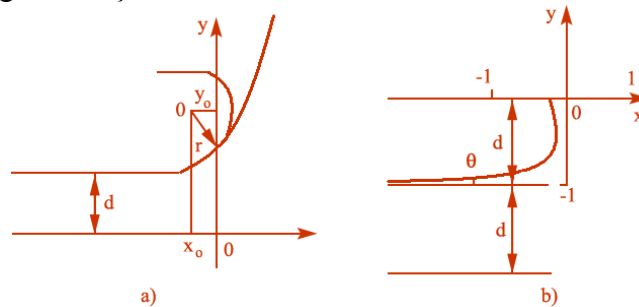
2.1.1. Bircinsli və qeyribircinsli elektrik sahələri

Yüksək gərginlikli qurğuların izolyasiya konstruksiya elementləri əsasən qeyribircinsli elektrik sahəsində yerləşirlər. Qeyribircinslilik izolyasiya konstruksiyalarında, xarici elektrodların forma və ölçülərindən və daxili izolyasiya materialının quruluşundan asılıdır. Qeyribircinsliliyin əsas xarakteri qüvvə xətləri sıx olan və ən çox kəşişən nöqtəsindəki maksimal E_{mak} maksimal ESG-nin, orta hissədəki E_{or} -ya nisbətidir: $G = E_{max} / E_{or}$. Buna sahənin qeyribircinslilik əmsalı deyilir. G əmsalı qeyribircinslilik dərəcəsini göstərir. İzolyasiya gövdəsinin elektrodla yaxın elə bir hissəsi vardır ki, orada $E \leq \alpha E_{mak}$ olur. α -nın 0,8-0,9 qiymətləri izolyasiyanın yüklənmiş və ya aktiv sahəsini göstərir. İzolyasiya və keçirici səth sahəsinin toxunduğu yerdə izolyasiyanın forma və ölçülərini dəyişdirməklə sahənin qeyribircinsliliyini azaltmaq olar. Lakin bu üsul həmişə tətbiq edilə bilmir. Məsələn, elektrik maşınlarının alın hissəsinə çıxdığı yerlərdə paz yuvalarının dairələndirilməsi texnoloji problemlər yaradır.

Real qurğularda elektrik sahəsinin qeyribircinslilik dərəcəsi hündürlüyü 35 sm-dən böyük olan məsafələrdən başlayaraq daha çox artır.

2.1.2. Bircinsli sahələrin qeyribircinsli xarakterə keçməsi

Məlumdur ki, ara məsafələri yaxın olan kürəvi elektrodlar $r \gg s$, sonsuz müstəvi elektrodlar $d \ll a$, $d \ll b$, Roqovski, Felisi elektrodları şək.2.1.1, ideal bircinsli və bərabər elektrik sahələri yaradırlar. Lakin təcrübədə belə elektrod sistemlərinə az hallarda rast gəlinir. Əksər qurğularda ESG qeyribircinsli və qeyribərabər olur. Müstəvi və kürəvi elektrodlar arasında məsafə artdıqca qeyribircinslilik güclənir Şək.2.1.2 .



Şək.2.1.1 Bircinsli elektrik sahəsi yaradan elektrodları a) Roqovski, b) Felisi elektrodları

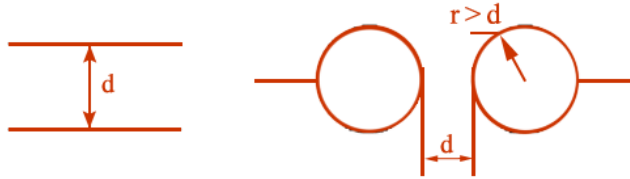
Bircinsli elektrik sahəsi yaradan Roqovski şək.2.1.1a elektrodları üçün elektrodun əyrilik radiusu aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$y = \frac{d}{2\pi} \left(e^{\frac{2\pi}{d}x} + \frac{\pi}{2} \right) \quad (2.1.1)$$

Felisi elektrodları üçün səthin forma tənliyi isə:

$$\left. \begin{aligned} y &= \frac{d}{\pi} \left(\ell n \cos \frac{\theta}{2} + 1 \right) \\ x &= \frac{d}{\pi} (-\theta + \sin \theta) \end{aligned} \right\} \quad (2.1.2)$$

Elektrodların səthinin əyriliyi y və x asılılığına uyğun hazırlandıqda aralığın bütün nöqtələrində ESG tam bircinsli olacaqdır – $E_{max} = E_{or}$.



Şək.2.1.2. Sonsuz müstəvi elektrodlar və kürə elektrodlar arasında maksimal elektrik sahə gərginliyi; $E_{max} = E_{orta} = U/d$.

Müstəvi və kürə elektrodlarının yaratdığı sahədən aydındır ki, d məsafəsi uzaqlaşdıqca r/d kiçilir və sahənin bircinsliliyi pozulur.

Şək.2.1.3 –də təklənmiş kürəvi elektrod səth sahəsi və iç-içə iki kürəvi elektrodlar arası sahənin şəkli və ifadələri verilmişdir.

Elektrodların forma və ölçülərindən asılı olaraq, qeyribircinsliliyin analitik və ya empirik ifadələrini yazmaq olur.

Boşalma gərginliyini analitik üsulla hesablamaq üçün boşalmanın müstəqillik şərtindən istifadə edilir. Məsələn, bircinsli sahələrə yaxın olan halda- kvazi bircinsli sahələr üçün ifadə aşağıdakı kimi yazılır:

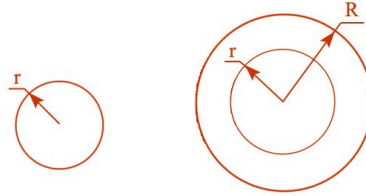
$$U_{bos} = \frac{24,5\delta \cdot \ell}{G} + 6,64 \sqrt{\frac{\delta \cdot \ell}{G}} \quad (2.1.3)$$

Burada G - sahənin qeyribircinsliliyini xarakterizə edir, və aralığın həndəsi ölçüləri ilə təyin edilir:

Radiusları R və r_0 iç-içə olan silindrik elektrodlarda G əmsalı:

$$G = \left[\left(\frac{R}{r_0} \right) - 1 \right]^2 / \left(\frac{R}{r_0} \right) \left(\ln \frac{R}{r_0} \right)^2 ;$$

Kürəvi elektrodlar üçün - $G = \frac{\left(\frac{R}{r_0} \right) + 1 + \left(\frac{r_0}{R} \right)}{3}$ olur.



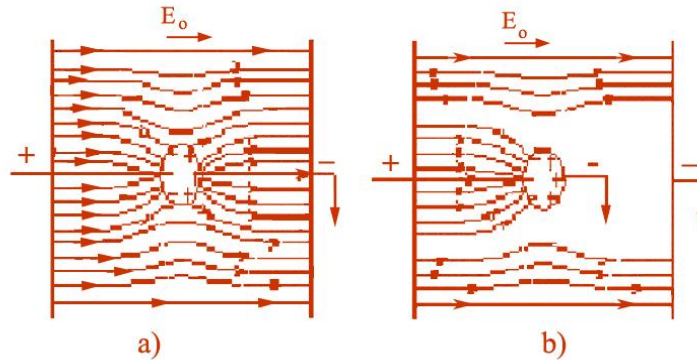
a)

b)

Şək.2.1.3 Tək kürə elektrod -a) $E_{max} = U/r$ və iç-içə iki kürə elektrodlar -b) $E_{max} = U/[r(1 - R)]$.

Digər mürəkkəb formalı elektrodlar üçün E-nin analitik ifadəsini almaq çətin olduğundan, onlar empirik ifadələrlə əvəz edilir. Zəif qeyribircins sahlərin k_{qb} əmsalı 1÷1.2 arasında dəyişir. Yüksək gərginliklərdə belə qiymətlər ideal hal olur və belə hallarda boşalma Paşen qanunu ilə götürülür.

Şək.1.4 də bircinsli sahəyə daxil edilmiş kürə və silindrik elektrodların, sahəni təhrif etməsi və elektrik sahəsində qüvvə xətlərinin paylanması görünür. E_0 -qiyməti bircinsli sahəyə gətirilmiş kürə və silindrik elektrodların sahəni təhrif etdikdə kürənin sərhəndə maksimal ESG - $E_{max} = 3 E_0$, silindrin sərhəndə isə $E_{max} = 2 E_0$ olur.



a)

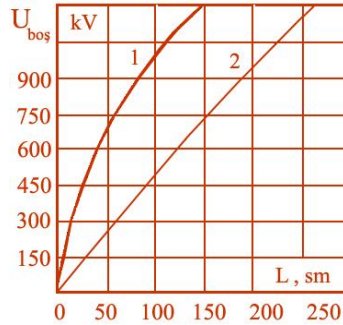
b)

Şək. 2.1.4. Bircinsli sahəni elektrodlarla təhrif olunması - a) izoləedilmiş kürə elektrod b) torpaqlanmış silindrik elektrod

2.1.3. Kəskin qeyribircinsli elektrik sahələrində boşalmalar

Deyildi ki, boşalmanın müstəqillik şərti başlanğıc gərginliklərdə ödənilir. Bircinsli elektrik sahələrinin başlanğıc gərginlikləri boşalma gərginliyi ilə üst-üstə düşür. Qeyribircinsli elektrik sahələri isə taclanan aralıqlar kimi xarakterizə edilir. Belə aralıqlarda başlanğıc gərginlik iti uclu elektrod yaxınlığında daha tez yaranır və deşilmə bu başlanğıc gərginliyindən daha böyük gərginliklərdə baş verir. Elektrodları müxtəlif əyriliyə malik olan qeyri simmetrik aralıqlarda boşalma gərginliyi kiçik əyriliyi olan elektrodun qütblüyündən asılı olur.

Kiçik əyriliyi olan mənfi qütblü elektrodlar üçün boşalma gərginliyi, müsbət qütblü elektrodların boşalma gərginliyindən daha böyükdür. Hava üçün bu asılılıq şək.2.1.5-də verilmişdir.



Şək.2.1.5. İynə-müstəvi elektrodlar arasında, sabit gərginlik təsirilə havanın deşilməsinin başlanğıc gərginlik əyriləri 1-mənfi iynə, 2-müsbət iynə.

Bu hadisə iynənin müsbət qütblüyündə sürətli elektronların anoda keçməsilə izah edilir. Bu zaman müsbət yüklər katodla olan aralıqda ESG-nin artmasına və boşalmanın inkişafına səbəb olur. İynənin mənfi qütblüyündə isə əksinə zəif hərəkət edən müsbət yüklər aralığın qalan hissəsində ESG-nin azalmasına səbəb olur və boşalma üçün böyük gərginlik lazım olur. Müsbət qütblükdə havanın orta deşilmə gərginliyi 4.5 kV/sm, mənfi qütblükdə 10 kV/sm (2 dəfə çox) olur.

Görünür ki, qiymətlər bircinsli sahədəki deşilmə gərginliklərindən 3-5 dəfə azdır, yəni $G=4$ (2.1.3) olduğu doğrudur. İynələr arasında elektrik sahəsinin həlli onların səthinin, ikiqütblü hiperboloidin fırlanmasından alınan fiqura uyğun olduğu sübut edilir. Bu sxemə görə iynələr arası d məsafəsinə U gərginliyi tətbiq edilərsə, iynənin $r \ll d$ olan ucunda maksimal ESG meydana çıxır, şək.2.1.6.

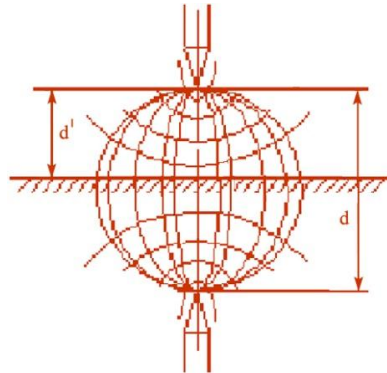
Güzgü əksi prinsipinə görə, iynə-müstəvi aralığında elektrik sahəsi, iynələr arası arası məsafə və tətbiq edilən gərginliklər iki dəfə artırıldığı halda, iynə-iynə elektrodların elektrik sahəsinə bərabər olur. Aşağıda iynə-

İynə və İynə-müstəvi elektrodlar arasında ionlaşma olmadığı halda maksimal

ESG hesabları verimişdir: $E_{max} = \frac{2U}{\ln \frac{2d}{r}} \cdot \frac{1}{r}$ İynə-İynə elektodlar,

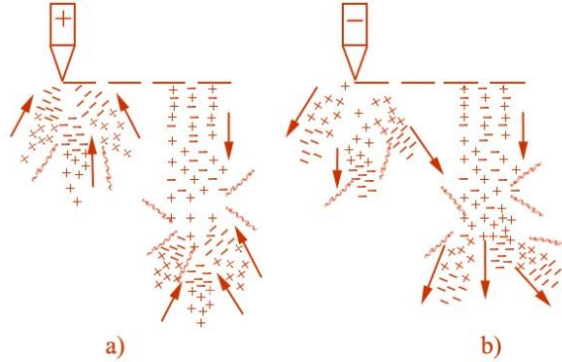
$$E_{max} = \frac{4U}{\ln \frac{4d'}{r}} \cdot \frac{1}{r} - \text{İynə-müstəvi elektrodlar.}$$

Kiçik əyriliyi olan mənfi qütblü elektrodlar üçün boşalma gərginliyi, müsbət qütblü elektrodların boşalma gərginliyindən daha böyükdür Şək.2.1.5. Onun səbəbi nəzəriyyədə belə izah edilir: -Effektiv elektronların yaratdıqları güclü elektron uçuqunları, güclü elektrik sahəsində kiçik kritik uzunluqlarda böyük ionlaşma əmsalına malik olur. Ona görə ən güclü ionlaşması α olan kanallardan biri dərhal “strimerə” çevirilir. “Müsbət strimer” yüklərin kanalda kiçik sürətlə elektroda tərəf hərəkət etməsi və toplanması səbəbilə, çox böyük yük daşıyıcı kimi, “mənfi strimer” isə elektronların qarşı elektroda tərəf sürətli hərəkəti səbəbindən nisbətən az yükdaşıyıcılığı ilə xarakterizə olunur. Tətbiq olunan gərginlik artırıldıqca, strimerin uzunluğu böyüyür qarşı elektroda strimer arasında meydana çıxan tutumun artmasına səbəb olur. Bu strimer kanalında cərəyanın artmasına və kanalın qızmasına səbəb olur. Elektrofiziki, termik və dinamik proseslərin kanalda yaratdıqları strimer keçiriciliyinin kəskin artması səbəbi ilə lider prosesi başlayır. Strimer keçiriciliyinin mexanizmi hələlik tam izah edilməmişdir. Lider kanalında yüklü hissəciklərin konsentrasiyası strimerə nəzərən çox olduğundan orada gərginlik düşküsu az olur. Bu onun qarşı elektroda tərəf hərəkətini artırır. Lakin boşalma kanalının qızmasına zaman lazım olduğu üçün, lider kanalının hərəkət sürəti strimerdən az olur 10^6 sm/san. Şək.2.1.6 də kiçik radiuslu əyriliyi olan elektrodlar üçün, müxtəlif qütblükdə boşalmanın inkişaf sxemi göstərilmişdir.



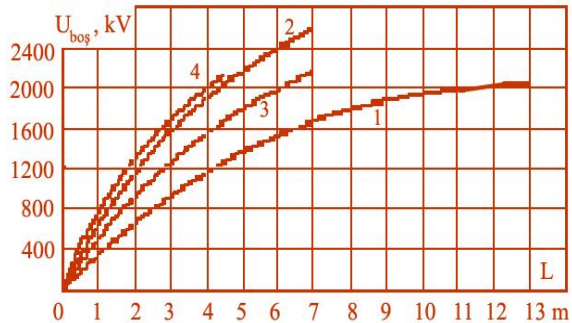
Şək. 2.1.6 İynə-müstəvi və İynə-İynə elektrodları arasında elektrik sahəsinin paylanması

Lider kanalı iynə elektrodndan müstəviyə yaxınlaşdıqda, aralığın hələ deşilməmiş hissəsində ESG kəskin olaraq artır. Aralığın bu hissəsində qaz liderdən daha böyük konsentrasiyada yükləri olan plazmaya çevirilir. Buna səbəb isə, boşalmanın inkişafı ilə orada baş verən intensiv ionlaşmadır.



Şək.2.1.1.7 Müsbət və mənfi iynələr yaxınlığında boşalma yükləri

Yüksək dərəcədə ionlaşmış aşağı gərginlikli plazma kanalı ilə, böyük gərginlikli lider kanalının sərhədində meydana çıxan ESG iynəyə tərəf 10^9 sm/san sürətlə yayılan ionlaşma zonası yaradır. Bu proses parlaq qığılcımla müşayət olunur. Bu zaman kanaldan böyük impuls cərəyanı keçir ki, bu da əsas boşalma adlanır. 50 Hs tezlikli dəyişən gərginlikli iynə-müstəvi elektrod sistemi, bütün elektrodlardan ən aşağı elektrik möhkəmliyinə malik olurlar. Belə aralığın deşilmə gərginliyi sabit gərginlikdə müsbət qütblü iynənin deşilmə gərginliyindən də kiçik olur. İynə-iyinə aralığı simmetrik olduğundan, sahə nisbətən bərabər paylanır, elektrik möhkəmliyi isə xeyli böyük olur. Şək. 2.1.8-də 50 Hs tezlikli gərginliklərdə müxtəlif elektrodlar arasında boşalma gərginliklərinin məsafədən asılılıq əyriləri verilmişdir.



Şək. 2.1.8 50 Hs tezlikli dəyişən gərginlikdə hava aralığında boşalma gərginliyinin məsafədən asılılıq əyriləri: 1-iyinə-müstəvi; 2-iyinə-iyinə; 3- məftil dayaq; 4-iki məftil aralığı

2.1.4. Elektrodların səthinin əyrilik radiuslarının elektrik sahələrinə təsiri

Bircinsli elektrik sahəsi Poqovski, Felisi və kürəvi elektrodlar arasında yaranır. Bütün başqa hallarda elektrodlar arasında yaranan sahə bu və ya digər dərəcədə qeyribircinsli olur. Təcrübədə müəyyən çıxıntılara və ya əyrilik radiuslarına malik olan elektrodlara da rast gəlmək olur [7-9]. Elektrodların səthinin əyrilik radiuslarının təsirinə baxaq. Tutaq ki, mühit bircinslidir və elektrod sistemi ətrafında birtərkibli homojen izolyaisya mühiti vardır. Bu halda səhənin heç bir nöqtəsində artıq yüklərin toplanma şərti yoxdur və sahə yalnız elektrodların formasından asılı olur. Həcmi yükləri bərabər və bircinsli yayılan belə mühitdə elektrostatik sahə üçün aşağıdakı nisbəti yazmaq olar:

$$\frac{\partial \ln E}{\partial n} = -\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) \quad (2.1.4)$$

Bu ifadə elektrik sahəsi üçün əyrilik qanunu adlanır, burada E -sahənin müəyyən nöqtədəki ESG-nin mütləq qiyməti; n - baxılan nöqtədə ekvipotensial səthə perpendikulyar yönəlmiş vektordur, r_1 , r_2 – həmin nöqtədəki ekvipotensial səthin əyrilik radiuslarıdır. Xüsusi halda $r_2 = \infty$ olarsa, elektrik sahəsi müstəvi-paralel xarakterdə və $\frac{\partial \ln E}{\partial n} = -\frac{1}{r_1}$ olur:

Əyrilik qanununa görə elektrodun kiçik radiuslu səthinə yaxınlaşdıqca, burada elektrik sahə gərginliyi E kəskin artır. Beləliklə izolyasiya aralığını dəyişmədən, ESG-nin maksimal qiymətini azaltmaq üçün elektrodların əyrilik radiusları böyüdülməlidir. Bu elektrik sahəsinin tənzimlənməsinin sadə bir üsuludur. Bəzi konstruksiyalarda bir elektrodun səthinin əyrilik radiusunu dəyişməklə, buraxılan maksimal və ya deşilmə gərginliyini optimallaşdırmaq olur. Bununla konstruksiyanın elektrik möhkəmliyinə görə optimallaşdırma aparılır. Tək damarlı kabel, eleqazlı komplekt paylayıcı qurğular HPQ və s. konstruksiyaların hesabat modeli kimi eyni oxlu koaksial silindrlərə baxaq. Bütün hallarda koaksial silindrlərin zəif qeyri bircinsli elektrik sahəsi Laplas tənliyi ilə aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$E = \frac{U}{x \ln \frac{R}{r}} \quad (2.1.5)$$

burada r və R uyğun olaraq daxili və xarici silindrlərin radiusları; x – onlar arasındakı məsafədir. Məlumdur ki, boşalmanın müstəqillik şərti gərginliyin başlanğıc qiymətlərində ödənilir.

$$\int_r^R \alpha dx = k \quad (2.1.6)$$

$\alpha = A p \exp\left(-\frac{Bp}{E}\right)$ və (2.1.5) nəzərə alındıqda, (2.1.6) üçün ifadələri yazmaq

olar: $-\int_r^R A p \exp\left(-\frac{B p x \ln \frac{R}{r}}{U_{,ji}}\right) \cdot dx = k$; ifadəni inteqralladıqda, r və R sərhədləri

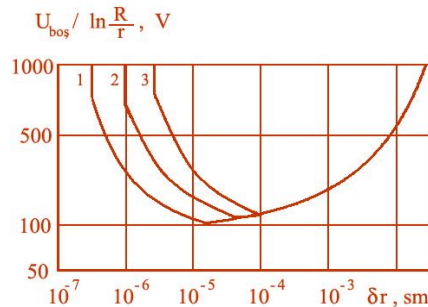
yerinə yazılsa son olaraq

$$\frac{A}{B} \frac{U_{bos}}{\ln \frac{R}{r}} \left[\exp\left(-\frac{B \ln \frac{R}{r}}{U_{bos}} p r\right) - \exp\left(-\frac{B \ln \frac{R}{r}}{U_{bos}} \cdot \frac{R}{r} p r\right) \right] = k \quad \text{alınır:} \quad (2.1.7)$$

(2.1.7) ifadəsindən görünür ki, koaksial silindrlər arasında başlanğıc gərginlik pr hasilı və R/r nisbətindən asılı olur. Boşalmanın müstəqillik şərtində (2.1.7)-dən U_{bos} üçün ümumiləşdirmə aparılsa, aşağıdakı funksional asılılıqlar alınır:

$$U_{bos} = \varphi\left(p\ell, \frac{R}{\ell}, \frac{r}{\ell}\right) = \varphi\left(pr, \frac{R}{r}, \frac{\ell}{r}\right) = \varphi\left(pR, \frac{\ell}{R}, \frac{r}{R}\right) \quad (2.1.8)$$

(2.1.8) ifadəsində bütün funksiyaların bərabərliyi ödəndiyindən, ona boşalmanın *oxşarlıq qanunu deyilir*. Göründüyü kimi təzyiqlə hasildə olan parametr, digər ölçülərlə nisbətdə olur. Deməli boşalma gərginliyi qazın təzyiği ilə hər hansı bir həndəsi ölçünün hasilindən və digər ölçülərin həmin parametərə nisbətindən asılı olur. Oxşarlıq qanunundan aydın olur ki, əgər hənədsi oxşar aralıqlarda qazın təzyiği, həndəsi ölçülərin əksinə olaraq dəyişdirilsə, boşalma gərginliyi sabit qalır. Görünür ki, bircinsli elektrik sahəsi üçün Paşen qanunu, oxşarlıq qanununun xüsusi halıdır şəx.2.1.9.



Şək.2.1.9. Daxili və xarici radiusların müxtəlif nisbətləri üçün verilmiş başlanğıc gərginliklərin δr hasilindən asılılıq əyriləri, 1- $R/r=120$; 2- $R/r=30$; 3- $R/r=15$ qiymətlərində alınmışdır.

İndi isə xarici silindrin R radiusunun sabit qaldığı şərtə başlanğıc gərginliyin daxili və xarici silindrlərin r/R ölçü nisbətindən asılılığına baxaq:

$$U_{bas} = E_{bas} r \ln \frac{R}{r} \quad (2.1.9)$$

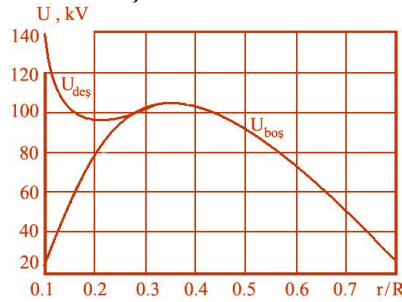
(2.9) ifadəsində $E_{baş}$ qeyri məlum olduğu üçün, onu həll etmək olmur. Lakin buradan başlanğıc gərginliyin maksimal qiymətinə uyğun olan R/r nisbəti üçün $dU_{baş}/dr=0$ tənliyini həll edərək ekstremumu tapmaq olur: $U_{başmax} \cong f\left(\frac{r}{R}\right) = c \cdot \left(\frac{1}{e}\right)$. Göründüyü kimi, $U_{başmax}$ üçün $r/R \approx 1/3$.

(2.7) tənliyi zəif qeyribircinsli sahələr üçün alınmışdır və bütün aralıqda $\alpha > 0$ qəbul edilir. Taclanan aralıqda $\alpha > 0$ şərti müəyyən radiusda, boşalmanın müstəqillik şərti isə daxili elektrodun səthindən taclanma zolağının sərhəddinə qədər olan r_{tac} radiusunda ödənilir:

$$\int_r^{r_{tac}} \alpha dx = k \quad (2.1.10)$$

burada r_{tac} -taclanma zolağının (qılafın) radiusudur. Şək.2.9-да $U_{bas} = f\left(\frac{r}{R}\right)$

funksiyasından asılılıq əyrisi verilmişdir.



Şək. 2.1.9 Koaksial silindrlər arasında hava məsafəsinin deşilmə və başlanğıc gərginlikəri ($R=10$ sm)

$U_{başmax}$ -dan sağda, sahə zəif qeyribircinsli olduğu zonada başlanğıc gərginlik və boşalma gərginliyi eyni asılılıq üzrə dəyişirlər. Həmin nöqtədən sol tərəfdə isə ($r/R \leq 3$ halında) boşalma gərginliyi başlanğıc gərginliyindən böyük olur.

(2.9) ifadəsindən müxtəlif məsafələr üçün fərqli bərabərliklər yazmaq olar:

$$\frac{U}{\ln \frac{R}{r}} = Er = E_{tac} r_{tac} = E_x x, \quad (2.1.11)$$

burada E - daxili elektrodun yaxın ətrafında ESG-i; E_{tac} -taclanma zonasının sərhəddində elektrik sahə gərginliyi; E_x $-x$ koordinatında elektrik sahə gərginliyidir. (1.1.25) ifadəsindən, taclanma qılafının $\alpha=0$ şərti üçün, $E_{tac}=b\delta$ olduğundan (2.1.9)-a uyğun olaraq sadə ifadələri yazmaq olar:

$$r_{tac} = \frac{Er}{b\delta} \quad \text{və} \quad \frac{E_x}{\delta} = \frac{Er}{\delta x}.$$

Son ifadələr və (2.1.10)-dan boşalmanın müstəqillik şərtində aşağıdakı inteqralı yazmaq olar:

$$\int_r^{\frac{Er}{b\delta}} a\delta \left(\frac{E_{bas}r}{\delta x} - b \right)^2 dx = K \quad (2.1.12)$$

İnteqral və çevirmələr apararaq aşağıdakı hesabat ifadəsini alırıq:

$$\left(\frac{E_{bas}}{b\delta} \right)^2 - 2 \frac{E_{bas}}{b\delta} \ln \frac{E_{bas}}{b\delta} - 1 = \frac{K}{ab^2\delta r} \quad (2.1.13)$$

(2.1.13) tənliyinin həlli aşağıdakı qaydada aparılır: 1) r -in qiyməti verilir; 2) qazın verilmiş δ nisbi sıxlığı üçün E_{bas} təyin edilir; 3) (2.1.9) ifadəsindən $U_{baş}$ hesablanır.

Şək.2.1.8-da koaksial silindrlərin müxtəlif xarici və daxili radiusları üçün havada - $E_{bas}r = U_{bas} \ln \frac{R}{r}$ nisbi qiymətlərinin, δr asılılıqları verilir. Görünür ki, δr -in böyük qiymətlərində başlanğıc ESG silindrin xarici radiusundan asılı olmur.

Real təcrübə konstruksiyalar üçün silindrik və kürəvi elektrodların qaz mühitindəki boşalma və başlanğıc gərginlikləri aşağıdakı ümumi ifadə ilə hesablanır:

$$U_0 = \frac{a_0\delta S}{G} \left[1 + \frac{c}{(\delta r_0)^{0.38}} \right] \quad (2.1.14)$$

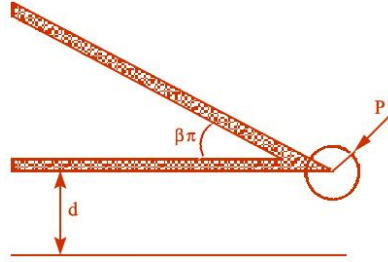
burada r_0 -əyriliyi çox olan elektrodun radiusu, S -əyriliyi az olan elektrodun səthinin sahəsi, c -qazın cinsindən və elektrik sahəsinin formasından asılı olan əmsallardır. Hava üçün silindrik elektrodlarda $c=0.65 \text{ sm}^{0.38}$, kürəvi elektrod üçün $c=0.89 \text{ sm}^{0.38}$ və kürə -müstəvi elektrod üçün $c=0.78 \text{ sm}^{0.38}$ kimi qəbul edilir.

İti uclu elektrodların yaratdıqları kəskin qeyribircinsli sahələr analiz edildikdə [16-19] nəticələr göstərir ki, yüksək gərginliklərdə çox az sayda bircinsli sahələr vardır. Hesabatlar aparmaq üçün, belə elektrodların hər-hansı brinin (şək.2.1.11 də üst elektrod) səthinin müstəvi ilə yaratdığı bucağın βr ifadəsi ilə yazıldığını qəbul edək. Bu elektrodlar sistemi üçün yerli

boşalmaların (qismi boşalma) yaranmasının analizi vacibdir. Ona görə yerli ESG –nin dəyişməsinə $\beta\pi$ və ρ asılılığını öyrənirlər.

β parametri, $0 < \beta < 1$ intervallarında dəyişdikdə, üst elektrod 0-180 bucaq qədər açılaraq, müstəvi ilə müxtəlif dərəcəli iti uclar yaradır. Alınan elektrod sisteminin yaxın ρ ətrafında elektrik sahə gərginliyi, həmin nöqtə ilə təmasda işləyən izolyasiya gövdəsində, təhlükəli qiymətlərə çatan ESG aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$E_{\rho} = c\rho^{-\frac{1-\beta}{1-2\beta}} \quad (2.1.15)$$



Şək.2.1.11. Müstəvi üzərində iti uclu elektrodun hesabat sxemi.

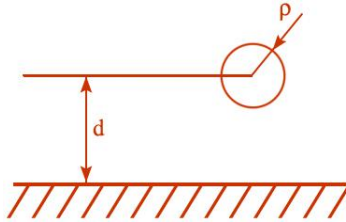
$\rho = \rho_0$ yaxın nöqtə üçün ESG-nin qiyməti E_{ρ_0} aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$E_{\rho_0} = U k(\beta, \rho_0) d^{-\frac{1}{2-\beta}} = E_{or} k(\beta, \rho_0) d^{\frac{1-\beta}{2-\beta}} \quad (2.1.16)$$

$\beta = 0$ üçün, qismi boşalma gərginliyi və sahə gərginliklərini hesablamaq olar: İti ucun yaxın ρ ətrafında ESG-nin ifadəsi aşağıdakı kimi yazılır:

$$E_{\rho} = E_{or} \sqrt{\frac{d}{2\pi\rho}}, \quad E_{or} = \frac{U}{d}. \text{burada } \rho \ll d \text{ qəbul edilir.}$$

$$U_{qbos} = E_0 \cdot \sqrt{2\pi\rho_0} \cdot d^{0.5} = A_0 \cdot d^{0.5} \quad (2.1.17)$$



Şək.1.12. $\beta = 0$ üçün, iki müstəvi arasında qalan izolyasiyada, elektrodun ucuna yaxın ρ ətrafında ESG hesabatına aid sxem.

qismi boşalma yaranan ESG üçün:

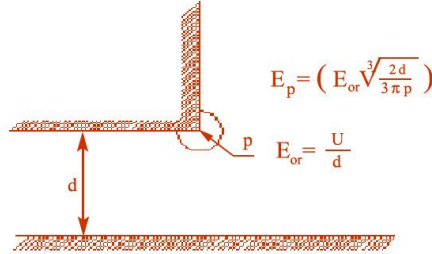
$$E_{qbos} = E_0 \cdot \sqrt{2\pi\rho_0} \cdot d^{-0.5} = A_0 \cdot d^{-0.5} \quad (2.1.18)$$

Göründüyü kimi, burada A_0 , ρ -dan asılı olaraq, gərginlik və ESG arasında asılılı olan sabit əmsaldır. Bu əmsal elektrodların açılma bucağı β -dan asılı olaraq dəyişir. $\beta=1/2$ olduqda şək.2.1.13-dən, qismi boşalma gərginlikləri üçün aşağıdakı ifadələr yazılır:

$$U_{qbos} = E_0 \cdot \sqrt[3]{3/2\pi\rho_0} \cdot d^{2/3} \quad (2.1.19)$$

və ya ESG üçün,

$$E_{qbos} = E_0 \sqrt[3]{3/2\pi\rho_0} \cdot d^{-1/3} \quad (2.1.20)$$

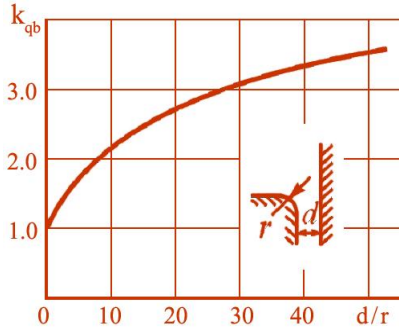


Şək. 2.1.13. Düzbucaqlı ($\beta=1/2$) və müstəvi elektrodlar sistemi

Belə elektrodlar sistemi transformatorların dolaqları ilə metal bak arasında qalan aralığa oxşardır. Belə sistemlərdə düzbucaqlının küncü müəyyən radiusla dairələndirilir. Şək.2.1.14-də dairələndirmə radiusu r və d arasındakı nisbətdən asılı olan qeyri bircinslilik əyrisi verilir.

$$E_{max} = E_{or} \sqrt[3]{\frac{d+r}{r}} \quad (2.1.21)$$

burad, $E_{or} = \frac{U}{d}$, r – dairəlik radiusu, d – müstəvi səthdən olan məsafədir.



Şək.2.1.14 Dairəvi küncü olan düzbucaq və müstəvi elektrod arasında,

$k_{qb} = E_{max}/E_{or}$ qeyribircinslilik əmsalının d/r -dən asılılığı.

Elektrodların dairələndirilməsinin göstərilən üsulu digər bərk dielektriklə bilavasitə təmasda olmayan konstruksiyalar üçün daha effektivdir. Çünki qaz və maye mühitində izolyasiya ilə elektrodun toxunan səthi arasında nazik yarıqlar, oyuqlar və s. qalır ki, bu da ESG-ni daha çox artırır.

2.2. Xarici izolyasiya

2.2.1. Xarici izolyasiya İzolyatorlarda havanın rolu

35 kV-dan böyük olan yüksəldici transformator və payalyıcı qurğuların çoxusu açıqda tikilir. Onların bütün avadanlıqları açıq atmosferdə yerləşdiyindən, xarici izolyasiya quruluşuna malik olurlar. Atmosfer havası üçün 24-25 kV/sm qiymətlərə çatan sahə gərginlik təsirlərilə xarici izolyasiyada elektrik proseslərinin öyrənilməsi vacibdir. Tədqiqatlar göstərir ki, bərk izolyasiyanın səthində ESG-nin kritik hədləri izolyasiya aralığının boyu artdıqca 5 kV/sm-ə qədər azalır. Daha uzun aralıqlarda isə, izolyatorların səthi boyu elektrik möhkəmliyi 1.5-2.5 kV/sm-ə qədər kiçikdir.

2.2.2. Xarici izolyasiyanın növləri

Elektrik qurğularının xarici izolyasiyasına açıq atmosferdə yerləşən izolyatorların gövdələri və onları bürüyən hava təbəqəsi daxildir. O cümlədən, qonşu fazların biri-birinə nəzərən izolyasiya səthləri də buraya aiddir. Yüksək gərginlik izolyatorları müxtəlif konstruksiyalar və avadanlıqlarda (məsələn şinlər arasında, xətt dayaqları və traverslər boyunda, açar və ayırıcıların metal gövdələri üzərində, transformator baklarının üstündə) gərginlik siniflərinə uyğun olan aralıqlarla bərkidilirlər. Xarici izolyatorlar əsasən farfor və şüşədən hazırlanır. YG qurğuları havada izolyatorlar vasitəsilə lazımi məsafədə montaj edilirlər. Havada izolyasiya məsafəsi nominal gərginliyə və verilmiş elektrodlar sistemi üçün elektrik möhkəmliyindən (sınaq gərginliyi) asılı seçilir.

Məlumdur ki, normal şərtlərdə hava aralığının elektrik möhkəmliyi ən yaxşı halda, biricnli elektrik sahəsi üçün, 30 kV/sm-dən çox olmur. İzolyasiya səthini bürüyən hava təbəqəsinin elektrik möhkəmliyi daha da aşağı olur. Bunun səbəbi bərk izolyasiyanın dielektrik nüfuzluluğunun havanın nüfuzluluğundan böyük olması və nəmliyin səthə nüfuz etməsidir. Ona görə YG izolyasiyalarında qeyribircinsli elektrik sahəsi yaranır. Elektrodlar arası məsafə 1-2 m-olduqda izolyasiyanın səthi boyu elektrik möhkəmliyi 5 kV/sm; məsafə 10-20 m olduqda 1.5-2.5 kV/sm-ə qədər azalmış olur. Bu səbəbdən EVX və PQ-n qabaritləri əsasən havanın elektrik möhkəmliyi ilə təyin edilir. Nominal gərginlik artdıqca bu ölçülər də artır. Xarici izolyasiyanın boşalma gərginliyinə havanın təzyiqi, temperaturu və nəmliyi təsir edir. Ona görə havada izolyasiya məsafəsi elə seçilməlidir ki, ən pis atmosfer şərtlərində də onlar yaxşı elektrik möhkəmliyinə və izolyasiya səviyyəsinə malik olsunlar. Normal izolyasiyalı elektrik avadanlığı üçün xarici izolyasiyanın dəniz səviyyəsindən 1000 m-ə qədər hündürlükdə, ətraf mühitin 20⁰ C -dən yüksək

temperaturda olmaması lazımdır. Bununla əlaqədar olaraq elektrik avadanlığının xarici izolyasiyası layihələndirildikdə dəniz səviyyəsindən 1000-dən yüksək hər 100 artışı üçün boşalma gərginliyi 1%, 20 °C-dən yuxarı hər 3⁰ C üçün də 1% azaldılmalıdır. Beləliklə 2000 m hündürlük və 40⁰ C üçün 16-17% azalma olur. Normal hava şərtləri, atmosferdə $T=293 K$, $P=101,3 kPa=0,1013MPa$; $\gamma=11 gr/m^3$ ($\psi=65\%$ nəmlik) kimi verilir. Havanın mütləq nəmliyinin 2 dəfə azalması boşalma gərginliyinin 6-8% azalmasına səbəb olur. Atmosfer təsirləri elektrodlararası məsafə 1 m olan boşalma aralıqları üçün xarakterikdir. 1 m-dən böyük aralıqlarda boşalma gərginliklərinə olan atmosfer təsirləri nəzərdən atılır. Məsələn, qeyribircinsli elektrik sahəsində yağışların təsiri nəzərə alınmır.

Növlərinə görə izolyatorlar xətt və aparat izolyatorlarına bölünür. Xətt izolyatorları taxma və asma növlərə, aparat izolyatorları isə dayaq və keçid tiplərə ayrılır. Şək.2.2.2 yivli oxa taxılan və asma izolyatorlar, ГОСТ-a görə ŞF və ya ŞS; PF və ya PS, PSQ xətt izolyatorları, VDE, TSE, BS standartına görə müxtəlif cür markalanırlar.

Şək.2.2.2-də dayaq izolyatorları, flanes və qapağın izolyator gövdəsinin xaricinə və daxilinə bərkidilmiş variantlarda hazırlanır.

Dayaq izolyatorları əsasən elektrotexniki farfordan hazırlanır və aşağıdakı kimi markalanır –İND: - *I*- izolyator, N-normal izolyasiya səviyyəli, D-dayaq, SŞU:- S-çubuq şəkilli (стержневой), Ş- ştırlı, U-gücləndirilmiş (усиленный) kimi oxunur. Hərflərdən sonra defislə nominal işçi xətt gərginliyi və əyilmədə minimal dağıdıcı qüvvə daN (dekaNyutonla) göstərilir. 1-10 kV-luq keçid izolyatorları bütöv farfor gövdədən və yastı və ya dairəvi cərəyan keçirici içlikdən ibarət olur. Keçid izolyatorlarının daxili izolyasiyası, içliklə farfor silindrin daxili divarı arasında hava qatı və ya tökmə epoksid kütlədən təşkil olunur. Cərəyan keçirici içliklər, farfor gövdənin yan tərəflərindəki yönəldici qapaqlardan keçirilir. Yastı şinlərin yerdəyişməməsi üçün onları qapaqların yanında çəkanka edirlər. Dairəvi formalı cərəyan keçiricilərin isə, baş tərəflərində onları qapağa sıxmaq üçün bolt istifadə edilir.

9920-75 DÜİST normaları və müxtəlif çirklənmə dərəcələrinə görə A, B, V kateqoriyalarına uyğun sızma yolunun ən böyük işçi gərginliyə olan nisbəti λ_{xuc} cədvəl 2.2.1 də verilmişdir.

Dayaq izolyatorları açarlar, ayırıcılar, şinlər, reaktor və digər qurğuların montajı və bərkidilməsi istifadə edilir. Farfordan hazırlanan birelementli dayaq və keçid izolyatorları, texnoloji və mexaniki emalda yaranan çətinliklər (yonma, deşmə, farforun bişirilməsində yaranan problemlər və s.) səbəbilə 1-1,2 m hündürlüyünə qədər hazırlanırlar şək.2.2.1. Çubuqşəkilli dayaq və xətt izolyatorları, izolyasiya detallarına görə

oxşardırlar. Onlar yalnız uzunluqları, diametrləri və flaneslərin bərkidilmə qaydalarına görə fərqlənirlər şək.2.2.2 a.

6-750 kV elektrik avadanlığının xüsusi sızma yolu $-\lambda_{xüs}$ cədvəl 2.2.1

Elektrik avadanlığının kateqoriyaları. Hər kateqoriya iki çirkəlmə dərəcəsinə aiddir	Şəbəkə avadanlıqları üçün sızma yolunun ən böyük işçi gərginliyinə olan nisbəti $L_{sız}/U_{ənböişçi}$, λ_{eff} sm/kV	
	Neytralı izolə edilmiş və ya effektiv torpaqlanmış 35 kV	Neytralı birbaşa torpaqlanmış 110-750 kV gərginlikli
A(1-2 çirk dərəcə)	1,70	1,50
B(3-4 çirk dərəcə)	2,60	2,25
V(5-6 çirk dərəcə)	3,50	3,10

2.2.3 Xarici izolyasiyanın sınaqları və sınaq nəticələrinin emalı

Sabit metroloji şəraitdə, hava aralıqları və xarici izolyasiyanın boşalma gərginliklərinə bir sıra təsadüfi amillər təsir edir. Buna eyni şərtlər daxilində, boşalmaların müxtəlif traektoriyaları misal ola bilər. Ona görə boşalma gərginlikləri statistik qanunlara aid olan təsadüfi kəmiyyətdir.

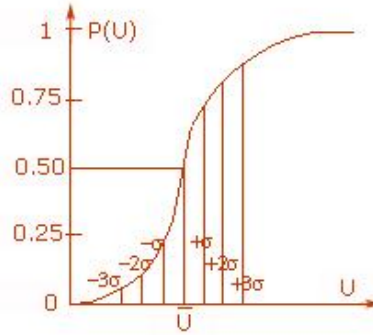
Təcrübələr göstərir ki, xarici izolyasiyanın boşalma gərginliklərinin qiymətlərində olan səpələnmə normal paylanma qanunları ilə dəyişir. Bu Qauss paylanmasına aiddir. İxtiyari U sınaq gərginlikləri üçün boşalmalarda qiymət paylanmalarının inteqral funksiyası aşağıdakı kimi ifadə edilir.

$$P(U) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^U e^{-\frac{(U-U)^2}{2\sigma^2}} du \quad (2.2.1)$$

burada
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(U-U)^2}{N-1}} \quad (2.2.2)$$

\bar{U} - təcrübələrdə boşalma gərginliyinin 50 %-li ehtimalla gözlənilən orta qiymətidir (riyazi gözləmə). σ - 50 %-li boşalma gərginliyindən ortakvadratik meyletmə əmsalındır, N-təcrübələrin sayıdır. Ortakvadratik meyletmə əmsalı verilmiş inteqral əyrisinin dikliyini göstərir, şək.2.2.1. Aşağıda boşalma gərginliklərinin orta qiymətlərdən hər iki tərəfə $\pm B\sigma$ qədər meyletmə etimalları verilmişdir:

$B\sigma$	σ	2σ	3σ	4σ
U qiymətlərindən $B\sigma$ qədər				
Meyletmələrin etimalları	0,3174	0,0455	0,0027	0,000064



Şək.2.2.1. Normal paylanma qanununa tabe olan boşalma gərginliklərinin integral etimal funksiyası $P(U)$

Buradan görünür ki, boşalmanın $U \leq \bar{U} - 2\sigma$ gərginlikdə baş vermə ehtimalı 0,023, $U \leq \bar{U} - 3\sigma$ gərginlikdə baş verməsi 0,00135-ə bərabər olur. Bir sıra hallarda, ən kiçik boşalma gərginliklərinin tətbiqi tələb olunur:

$$U_{min} = \bar{U} - 3 \cdot \sigma \quad (2.2.3)$$

(2.2.3) ifadəsi ilə verilən gərginliyin boşalma yaratma ehtiamlı çox azdır. Belə sınaqlar aparıldıqda 50%-li boşalma gərginliyi ilə yanaşı, boşalma gərginliklərinin səpələnmə və orta kvadratik meyletmələri də təyin edilir. Qiymətlərdə alınan əsas parametrlərdən biri də, boşalma gərginliklərinin orta kvadratik meyletmələrinin nisbi qiymətləri və ya paylanma standartlarıdır. Bu variasiya əmsalı adlanır və c ilə işarə edilir:

$$c = \frac{\sigma}{\bar{U}} \cdot 100\% \quad (2.2.4)$$

Xarici izolyasiyanın sınaqları 50 Hs dəyişən gərginliklərdə, kommutasiya və ildırım impuls gərginliklərində aparılır. Hər iki halda xarici izolyasiyanın boşalma gərginlikləri verilmiş normal paylanma qanunu ilə dəyişir.

2.2.3. Nəmlənmə və çirklənmə şəraitində izolyatorların işləməsi

Açıq atmosferdə çirklənmə və nəmlənmənin təsiri ilə izolyatorların səthində elektrolitik keçirici pərdə yaranır. Belə keçirici pərdənin təsirindən sızma cərəyanının qiyməti artır. Sızma cərəyanının axdığı izolyasiya səthinin müqaviməti aşağıdakı kimi təyin edilir:-

$$R(h) = \rho(h) \frac{l_{siz}}{\pi D(h) \cdot \Delta} \quad (2.2.5)$$

İşçi gərginliyinin təsiri ilə yaranan sızma cərəyanının qiyməti isə, həmin müqavimətlərlə tərs mütənəsb olacaqdır:

$$I_{siz} = \frac{U}{R(h)} = \frac{U \cdot \pi D(h) \Delta}{\rho(h) \cdot \ell_{siz}} \quad (2.2.6)$$

Göründüyü kimi, sızma yolunun boyu dəyişdikcə izolyatorların hündürlüyü boyu çirklənmə pərdəsinin xüsusi müqaviməti - $\rho(h)$ və diametri - $D(h)$ da dəyişir. Lakin bu ifadələrlə hesabat aparmaq çətinidir. Çünki izolyatorların müxtəlif hündürlüklərində səth təbəqələrinin dəyişən çirk qatının qalınlığını təyin etmək mümkün olmur. Ona görə hesabatlarda çirklənmiş izolyasiyanın xüsusi səthi keçiriciliyi: $\gamma_c = \Delta / \rho(h)$ istifadə edilir. Onda çirklənmiş səthi müqavimət aşağıdakı kimi ifadə ediləcəkdir:

$$R_s = \frac{1}{\gamma_s} \int_0^{\ell_{siz}} \frac{d\ell}{\pi D(h)} = \frac{k_f}{\gamma_s} \quad (2.2.7)$$

Məlumdur ki, diametrin dəyişməsi formadan asılı olaraq təyin edilir. Ona görə izolyatorlarda (2.2.7)-lə təyin edilən k_f – forma əmsalı tətbiq edilir. Sızma cərəyanını azaltmaq üçün izolyatorun hündürlüyü artırılmalı və en kəsiyi azaldılmalıdır. Belə forma izolyatorun mexaniki möhkəmliyini zəiflədir. (2.2.7) –də göstərilən forma əmsalı aşağıdakı kimi təyin edilir:

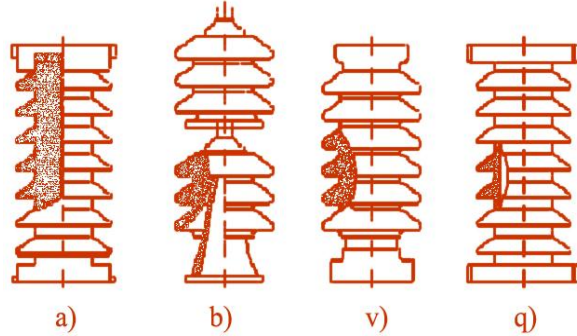
$$k_f = \frac{1}{\pi} \int_0^L \frac{dl}{D(L)} \quad (2.2.8)$$

Müxtəlif markalı asma xətt izolyatorlarının forma əmsalı 0,6-0,95 arasında dəyişir [13].

Sızma cərəyanı artdıqca izolyatorun səthi qurumağa başlayır. Lakin quruma bütün izolyator səthini bürümür. Quruma ayrı-ayrı ləkələr şəkilində olur. Bu zaman qurumuş ləkələrin üzərindən qılgıclımlı boşalmalar, “səth qismi boşalmalar”-ı müşahidə edilir. Yaranan boşalma qılgıclımlarının müqavimətləri azalır. Sızma cərəyanının yolunda ardıcıl olan qurumamış hissələrdə, onun qiyməti yenidən artır. Nəmlənmiş və çirklənmiş izolyator səthində qismi səthi boşalmalar bir qayda ilə inkişaf edir. Çirklənmə və nəmlənmə artdıqca bu boşalmalar bütöv izolyasiya zəncirəsinin bürüyərək xəttin açılmasına səbəb olur.

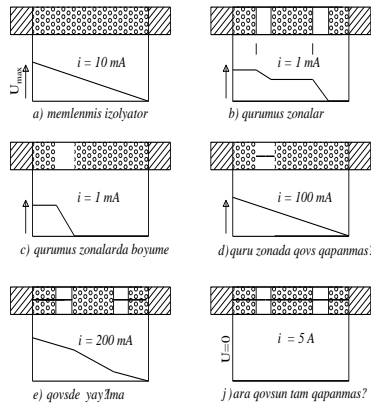
Şəkillərdə Şək.2.2.3 izolyasiyanın nəmlənmiş səthində baş verən dəyişikliklər və bu zaman inkişaf edən elektrik prosesləri göstərilmişdir. Göründüyü kimi nəmlənmənin ilkin halında izolyasiyanın səthində gərginlik paylanması xətti olur (Şək.2.2.3 a). Sonra artan sızma cərəyanı təsirindən izolyasiyanın müəyyən səth sahəsi quruyur. Getdikcə quruyan səth sahəsi böyüyür. Tez quruyan hissələrdə səth müqaviməti artır və gərginlik düşküsi çoxalır (Şək.2.2.3 b). İki nəmli parça arasında olan izolyasiya səthində qılgıclımlı qövs yaranır (Şək.2.2.3 c). Cərəyan artır və yeni quruyan sahələr çoxalır. (Şək.2.2.3 d). Həmin sahələrdə gərginliklər artır. Yeni qılgıclımlanan

sahələr meydana çıxır. Deyilənlər eyni qaydada açıq havada quraşdırılmış dayaq sütunlarına və çox elementli aparat izolyatorlarına da aiddir. Ona görə izolyatorlara verilən forma elə olmalıdır ki, onların həm çirklənməsi, həm də nəmlənməsi bircinsli olsun. Lakin şək. 2.2.3 də göstərilən izolyator səthində belə şərait yaratmaq çox zaman mümkün olmur.



Şək.2.2.2 Dayaq izolyatorlarının növləri a) bütöv gövdəli tək uzun gövdəli (çubuq şəkilli) farfor izolyator; b) xarici tip (Rus markası OHIII-35kV) iki izolyatordan ibarət izolyator sütunu; v),q)müxtəlif izolyator ətkələrinin yapışdırılması ilə alınmış müxtəlif izolyator ətkələrinin yapışdırılması ilə alınmış “Multikon” konstruksiya, d) içi silindrik boşluq şəkilində olan dayaq izolyatoru

Hər halda izolyatorların konstruksiyalarında olan əmək və çıxıntılar deyilənlərə yaxşı təsir edirlər. Çünki həmin ölçülərlə $L_{sız}/H$ nisbəti və forma əmsalı dəyişdirilə bilər. Onlar sızma cərəyanlarının yolunu artırmaqla yanaşı izolyatorda islanmayan və yağışdan qorunan gizli əməkaltı çıxıntılar yaradırlar.



Şək.2.2.3 Nəmlənmiş izolyatorun səthində quruma və qismii boşalmaların mərhələləri

Bu hissələrdə izolyatorların hündürlüyə düşən tutumları artır və oradakı gərginlik düşküsu azalır. Xarici izolyatorlarda sənaye tezlikli gərginliklər üçün elektrik boşalması kommutasiya gərginliklərindən kiçik olur. Bunun səbəbi ikincinin təsir müddətinin qısa olması və istilik

proseslərinin tam sona çatmamasıdır. Nəmlənmə və çirklənmə şəraitlərində ətəklərin formasının rolu da əhəmiyyətlidir. Onların üst səthi izolyatorun oxuna perpendikulyar istiqamətə $20-25^{\circ}$ bucaq təşkil edir. Ətək çıxıntı uzunluqları $a=30\div 50$ mm, ətəklər arası məsafə isə, $t=50\div 100$ mm boyunda və ya $t=2\cdot a$ nisbətində hazırlanır. Ətəklər sayı nominal gərginliyə görə təxmini olaraq- $n\approx 1,5+0,065\cdot U_{nom}$ olur.

2.2.4. İzolyatorların elektrik və mexaniki möhkəmliklərinə görə təyin edilən forma və ölçüləri

Xətt və aparat izolyatorlarının hesablarında elektrik, mexaniki və istilik parametrləri təyin edilir. Yüksək gərginlikli xarici izolyasiya konstruksiyalarında standartlara uyğun izolyasiya məsafələri olmalıdır. Xarici izolyasiya üçün 9920-76 QOST-da L_{siz}/U nisbətinin nəmlənmiş izolyasiyanın boşalma gərginliyinə görə fərqləri böyükdür. Yağış altında 50%-li boşalma gərginliyinin ən böyük işçi faz gərginliyinə $U_{əzbiş}$ nisbəti, izolyatorun işçi gərginliyə olan ehtiyat əmsalından az olmamalıdır. Ehtiyat əmsalı isə, $K_{ehtiy}=1,5\div 1,6$ olub, elektrik möhkəmliklərinin statistik parametrlərinə əsasən hesablanır.

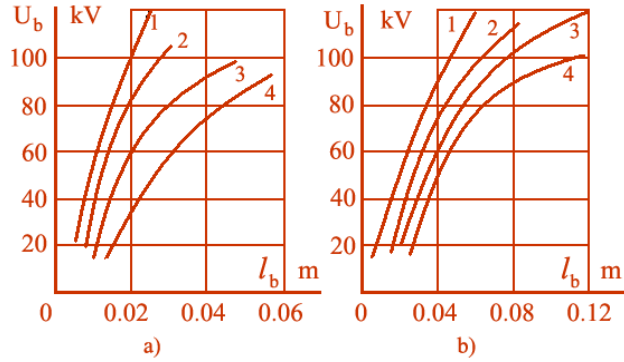
İzolyatorun səthi üzrə boşalma üst və alt elektrodları arasındakı ən qısa *boşalma məsafəsilə* örtülür. Ona görə izolyasiyanın layihələndirilməsində boşalma (hündürlük) məsafəs və onların forma, ölçüləri də hesablanır.

Materiallarına görə hesablar dəyişir. Farfor və şüşədən hazırlanan izolyatorlar elektrik möhkəmliklərinə görə müəyyən hündürlüyə malikdirlər. Açıq atmosferdə işləyən keçid və dayaq izolyatorlarının boşalma məsafələri sənaye tezlikli sınaq gərginliklərinə görə iki şərtədən hesablanır:- a) quru və təmiz səth, b) nəmlənmiş və çirklənmiş səth. Hər iki halda hesab 1 dəq saxlanan sınaq gərginlikləri ilə aşağıdakı ifadələrə uyğun yoxlanır:

$$\ell_{bos} = \frac{1,1 \cdot U_{sin} - 20}{335}, \text{ m} \quad (2.2.9)$$

$$\ell_{yagbos} = \frac{U_{yagbos} - 20}{205}, \text{ m} \quad (2.2.10)$$

Hesablanmış məsafələrdən böyüyü izolyator üçün seçilir. Yuxarıda göstərilmiş aparat izolyatorlarında səthi boşalmalar bir sıra keyfiyyət xarakteristikalarına malikdirlər. Məlumdur ki, onlarda boşalma gərginlikləri bircinsli sahədə olan gərginliklərdən daha aşağı olur şəkl.2.2.4. Əyrilərdən görünür ki, hamar səthə malik olan dayaq izolyatorlarının səthi boyu gərginliyin qiyməti, həmin elektrodlar arasında hava olduğu haldakından kiçikdir. Boşalma gərginliyi səthin nəmlənmə dərəcəsi və materialın dielektrik nüfuzluluq əmsalından da asılı olur.



Şək.2.2.4. 50Hz tezlikli boşalma gərginliklərinin məsafə asılılıqları
a) bircinsli sahə, b0) qeyribircinsli, 1-hava; 2-parafin, 3-karton, 4-şüşə.

Alman alimi Tepler keçid və dayaq izolyatorlarının səthində boşalmanın inkişaf mexanizmləri və asılılıqlarını tapmışdır. Aparılan təcrübələrdə, taclanma və sürüşən boşalmada lokal ionlaşma gərginlikləri üçün boşalmanın keyfiyyətcə oxşar olduğu görünür. Taclanma gərginliyinə xarici elektrodun materialının da təsiri müşahidə edilmişdir.

İti uclara malik metal flanesi olan keçid izolyatorlarında taclanma gərginliyi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$U_{tac} = 7,2 \cdot 10^{-7} / C^{0,45} \quad (2.2.11)$$

Həmin izolyatorun səthində sürüşən boşalma yaradn gərginlik isə aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$U_{surbos} = 6,37 \cdot 10^{-6} / C^{0,45} \quad (2.2.12)$$

İzolyatorun qalınlığı kiçik olduqda, $d=r_x-r_d$, onun xüsusi səthi tutumu müstəvi kondensatorların tutumu kimi hesablanır:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_n / d \quad (2.2.13)$$

Bu ifadə nəzərə alındıqda, (2.2.11) və (2.2.12) düsturlarını başqa şəkildə yazmaq olar:

$$U_{tac} = 6,75 \cdot 10^{-2} (d/\varepsilon_n)^{0,45} \quad (2.2.14)$$

$$U_{surbos} = 0,59 \cdot (d/\varepsilon_n)^{0,45} \quad (2.2.15)$$

$U > U_{tac}$ üçün, Teplərə görə, sürüşən boşalmada yaranan səthi qiğilcımın uzunluğu aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\ell_{surbos} = kC^2 \cdot U^5 \cdot \sqrt[4]{\frac{dU}{dt}} \quad (2.2.16)$$

Təxmini hesabatlarda isə, sürüşən boşalma üçün daha sadə ifadə işlədilir:

$$\ell_{surbos} = 10 \cdot \frac{U - U_{iac}}{k_{\varepsilon}} \quad (2.2.17)$$

Sürüşən boşalma uzun müddət təsir etdikdə bərk izolyatorun səthində erroziya baş verir. Səthi temperaturun artımları isə izolyatorada çatlara yaranmasına səbəb olur.

(2.2.17) ifadəsindəki k_{ε} -nin qiymətləri aşağıda verilmişdir, cədvəl 2.2.2.

Cədvəl 2.2.2

ε	1	2	3	4	6	8	10
k_{ε}	15	10	7,7	6,5	5,05	5	5

Sürüşən boşalmaların təsirindən üzvi dielektriklər daha sürətlə dağılır. Onların səthində boşalma qığılcımlarının kömürləşmiş izləri qalır. İzlər dərinləşdikcə izolyatorun qövslə qapanma gərginliyi azalır.

Bəzən, yüksək gərginlikli keçid izolyatorları kağız-bakelitdən hazırlanır. Kağız əsaslı izolyasiya gövdələri farfor örtüksüz olur. Məsələn, 1, 2, 5 kateqoriyalı keçid izolyatorlarının daxili izolyasiyası buna misaldır.

Dəyişən gərginliklər təsir etdikdə kağız-bakelit tərkibli izolyatorlarda boşalma məsafəsi və gərginlik arasında aşağıdakı empirik hesabat ifadələri tətbiq edilir: $U_{boş} = 0,05 + 0,3 \cdot l_{boş}$; burada $0,2 \leq l_{boş} \leq 2m$; və $U_{boş} = 0,8 \cdot l_{boş} - 1,25 \cdot l_{boş}^2$; burada $l_{boş} \leq 0,2 m$ kimi asılılıqları istifadə edilir.

(2.2.14) ifadəsinə görə sürüşən boşalma gərginlikləri üçün aşağıdakı ifadəni almaq olar:

$$U_{surbos} = k \cdot \sqrt[5]{\frac{\ell_{surbos}}{C^2}} \left/ \sqrt[20]{\frac{dU}{dt}} \right.$$

Bu ifadədə $\sqrt[20]{\frac{dU}{dt}}$ gərginliyin artım sürətinin təsirini göstərir. 50 Hs gərginlikdən 1 mksan-lik impuls gərginliyinə keçdikdə onun boşalma gərginliyinə təsiri 1,5 dəfə çoxalır. İlk yaxınlaşmada onu k əmsalına aid etmək olar, nəticədə 50 Hs üçün $k=57,5$; müsbət impuls üçün $k=64,5$; mənfi impuls üçün $k=76,0$ qəbul edilir.

Əyici qüvvələr dayaq və keçid izolyatorlarının (2.2.5) və (2.2.6) ifadələrilə hesablanmış $l_{boş}$ boşalma məsafələrinə uyğun hündürlükdə tətbiq edilir. Həmin hündürlükdə aşağıdakı əyici qüvvə momenti yaranır: - $M_{\partial y} = P_{\partial y} \cdot l_{boş}$.

Dayaq və keçid izolyatorlarının şəkl.2.2.6 mexaniki hesabında bütün qüvvənin farfor gövdəyə təsir etdiyi, içliyin isə mexaniki qüvvə daşımadığı nəzərdə tutulur.

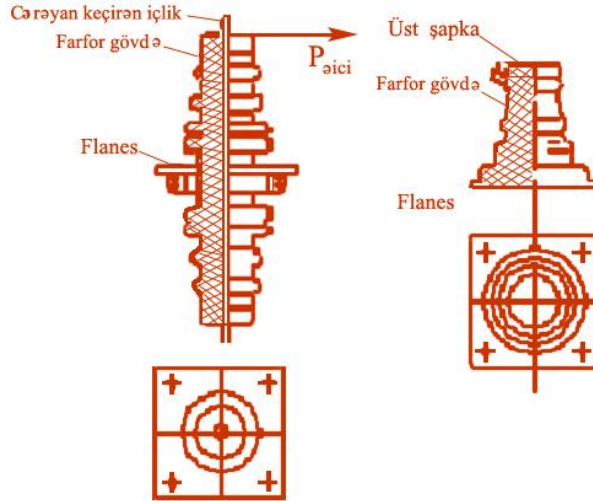
İzolyatorların eninə ölçüləri, daxili və xarici diametrləri tapılır. Farfor gövdənin daxili diametri aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$d = 2 \cdot r_f + 2 \cdot \Delta_a$$

burada r_f - daxili izolyasiyanın flanes yaxınlığındakı xarici radiusu, Δ_a - daxili izolyasiya ilə farfor gövdə arasında qalan iç məsafəsidir.

Hesabatlarda izolyatorların hazırlandığı materialın müxtəlif mexaniki təsirlərə görə möhkəmlik həddləri nəzərə alınır. Elektrotexniki farfor üçün hesabatlarda əsasən əyilmədə mexaniki möhkəmlik həddi isitfadə edilir, şəkl.2.2.7

Hesabatlarda möhkəmlik şərti kimi, $\sigma_{\text{əyici}} \leq \sigma_{\text{dağ qüvv}} [MPa/m^2]$ qəbul edilir. Silindrik formalı farfor gövdənin əyilmədə müqavimət momenti: $\sigma_{\text{müq}} \approx 2,43 \cdot 10^6 \cdot C^{0,377}$ kimi hesablanır.



Şəkl.2.2.6. Ənənəvi formalı keçid və dayaq izolyatorları

Əyici qüvvələrə işləyən dayaq və keçid izolyatorları, çubuq şəkilli konsol bərkidilmiş tir kimi hesablanmalı və aşağıdakı diametrdə hazırlanmalıdır:

$$D_{\text{cub}} = \sqrt{\frac{4,4 P_{\text{dağ}} \cdot H_{\text{bos}}}{\pi \sigma_{\text{dağ}}}} \quad (2.2.18)$$

Burada $P_{\text{dağ}}$ - dağıdıcı dartı qüvvəsi; $\sigma_{\text{dağ}}$ - izolyator materialına aid mexaniki dağıdıcı gərginlik, H_{bos} - səth üzrə elektrik möhkəmliyinə uyğun olan boşalma məsafəsidir, $P_{\text{dağ}} \cdot H_{\text{bos}} = M_{\text{əyici}}$ - əyici momentdir.

Ehtiyat əmsalları və çəki ilə kütlə arasında sərbəst düşmə təcili nəzərə alındıqda, kökaltı ifadəni 0,102-yə bölürlər. Onda ənənəvi formalı dayaq izolyatorlarının mexaniki möhkəmliyə görə hesablanan xarici diametri:

$$D = \sqrt{\frac{38,4 \cdot P_{dag} \cdot H_{bos}}{\pi \cdot \sigma_{dag}}} \quad \text{olar.} \quad (2.2.19)$$

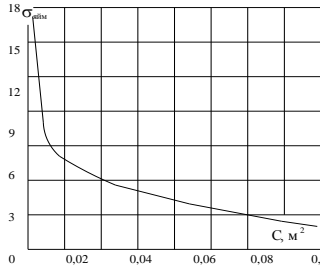
Keçid izolyatorları və aşağı hissəsində oyuğu olan dayaq izolyatorları üçün daxili radiusların hesabı aşağıdakı kimi aparılır:

$$d = \sqrt[4]{\frac{D \cdot (\pi \cdot D^3 - 38,4 \sigma_{ey} \cdot P_{ey} \cdot H_{bos})}{\pi \cdot \sigma_{ey}}} \quad (2.2.20)$$

Izolyatorun xarici diametrlərinə görə, ardıcıl yaxınlaşma metodu ilə, qalınlıqları hesablanır. Sonra qalınlığa görə en kəşik sahəsi, en kəşiyinə görə isə farfor üçün empirik əyriyə əyilməyə möhkəmlik həddinin əmsalı $\sigma_{əym}$ -tapılır [16] şəkl.2.2.7. Sonra (2.2.20) formulası ilə d-nin hesabı aparılır. Verilmiş en kəşiyində mexaniki gərginlik aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\sigma_{əyici} = M_{əy} / W \quad (2.2.21)$$

burada W –dairəvi en kəşiyinə malik olan izolyasiyanın əyilmədə müqavimət momentidir:- $W = 2I / D$ və $I = \pi(D^4 - d^4) / 64$ kimi hesablanır.



Şəkl.2.2.7 Qorxulu en kəşiyində əyilmə qüvvələrilə farforun möhkəmlik həddinin- $\sigma_{əy}$, asılılığı.

Taxma farfor izolyatorlarının δ qalınlıqları aşağıdakı təqribi ifadələrdən təyin edilir: $\delta = U_{des} / E_{des}$ (2.2.22)

burada $E_{des} = 4 \div 5$ kV/sm –farfor üçün orta sahə gərginliyidir.

Dayaq və keçid izolyatorlarında E_{des} -n qiymətləri izolyasiya materialına görə empirik ifadələrlə hesablanır. Məsələn, orta keyfiyyətli farfor üçün E_{des} - in qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır:

$$E_{des} = 0,8 / \sqrt{\delta} \quad (2.2.23)$$

$$\text{Yüksək keyfiyyətli farfor üçün :} \quad E_{des} = 1,72 / \sqrt[3]{\delta} \quad (2.2.24)$$

$$E_{des} = 1,83/\sqrt{\delta} \text{ олур.} \quad (2.2.25)$$

Ifadələrdə izolyasiyanın qalınlığı δ m – lərlə götürülməlidir.

Keçid və dayaq izolyatorlarının qalınlıqları mexaniki hesabatlardan başqa səthi deşilmə sınaq gərginliklərinə görə ($U_{qal}=1,6 \cdot U_{səthi deş}$) də hesablanmalıdır. Bunun üçün standartlardan hər gərginlik sinfinə uyğun səthi deşilmə $U_{səthi deş}$ sınaq gərginliyi tapılır və 1.6 dəfə artırılaraq $U_{qal}=U_{səthi deş}$ kimi (2.2.19) nəzərə alınır.

Keçid izolyatorunu xarici radiusu r_x və daxili radiusu r_d olan silindrik kondensator kimi hesabladıqda, onun xüsusi səthi müqaviməti üçün:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_n}{r_x \cdot \ln \frac{r_x}{r_d}}, [F/m] \quad (2.2.26)$$

Burada ε_n – nisbi dieketrik nüfuzluluğudur. Daxili boşluğu hava olan keçid izolyatorlarının 3 nöqtəsi fərqli gərginliklərdə olur:- cərəyan keçiricisinin səthi, izolyatorun daxili divarı və izolyatorun xarici divarı. Silindrik qatlar kimi hesabladıqda, daxili divarın hava təbəqəsi ilə toxunan nöqtələrində aşağıdakı sahə gərginliyi alınır:

$$E_{h-f} = \frac{U}{r_{c.kec} \cdot \varepsilon_h \left(\frac{1}{\varepsilon_h} \ln \frac{r_h}{r_{c.rtc}} + \frac{1}{\varepsilon_f} \ln \frac{r_f}{r_h} \right)} \quad (2.2.27)$$

Əgər E_{h-f} -un qiyməti 24,5 kV/sm-i aşarsa, keçid izolyatorunun daxili divarının yaxınlığında ionlaşma və taclanma baş verəcəkdir.

2.3. Elektrik qurğularının xarici izolyasiyasına atmosfer təsirləri

Xarici izolyasiyanın boşalma gərginliyi, hava aralığı və izolyator gövdəsi arasında baş verən elektrik deşilmə gərginliyidir. Açıq havada işləyən izolyasiyanın əsas üstünlüyü, onların boşalmasından sonra gərginlik açıldıqda elektrik möhkəmliyinin yenidən bərpa olunmasıdır.

Elektrik möhkəmliyi havanın təzyiqi, temperaturu və nəmliyindən asılı olaraq dəyişir. Burada izolyatorların konstruksiya, forma və ölçüləri də vacib rol oynayırlar. 45 sm-ə qədər hündürlüklü izolyatorlarda (35 kV-a uyğun hündürlük) elektrik boşalma gərginliyini kənarları dairələndirilmiş elektrodlarla artırmaq olur.

2.3.1. Atmosfer şəraitlərində seçilən sınaq gərginlikləri

Atmosfer şərtlərinin nəzərə alınması iki hal üçün əhəmiyyətlidir:- birinci, sınaqlarda boşalma gərginliklərinin müqayisəsi, bu zaman boşalma

gətgimlikləri eyni şərait təzyiq, temperatur və nəmliyə gətirilir. İkincisi, konkret sınaq şəraitləri üçün hesablanan gərginliklər, normal atmosfer şərtləri üçün standartlarda verilmiş qiymətlərə görə təyin edilir. Sınaq şəraitlərində boşalma sınaq gərginlikləri ilə, normal atmosfer şərtləri üçün olan sınaq gərginlikləri arasında aşağıdakı formula verilir:

$$U = U_0 \cdot \frac{k_p \cdot k_t}{k_\gamma} \quad (2.3.1)$$

burada U -təcrübə şəraitinə görə hesablanan boşalma və ya sınaq gərginlikləri, U_0 - normal atmosfer şəraitinə görə boşalma və ya sınaq gərginlikləri, k_p , k_t və k_γ - uyğun olaraq havanın təzyiq, temperatur və nəmliyinə görə aparılan düzəliş əmsallarıdır. Bu əmsallar, bir sıra yüksək gərginlik laboratoriyalarında müxtəlif atmosfer şəraitlərində çoxlu sayda ölçülmüş gərginliklərin analizi nəticəsində təyin edilmişdir. Elektrodlar arası məsafələrin böyük olduğu kəskin qeyribircinsli sahələrdə atmosfer təsirləri azalır. Bu sənaye tezliyi ilə dəyişən və müsbət qütblü impuls gərginlikləri üçün doğrudur. Lakin bu hadisə hələlik öz həqiqi izahını tapmamışdır. Mənfi qütblü kommutasiya impulsları üçün düzəlişlər aparılmır. Nəmli atmosfer şərtlərində düzəliş əmsalları boşalma gərginliklərinə praktiki olaraq təsir etmirlər. Təzyiq və temperatura görə olan düzəliş əmsalları DÜİST 1516.2-76-ya əsasən aşağıdakı kimi ifadə

edilir:

$$k_p = \left(\frac{P}{P_0} \right)^m \quad (2.3.2)$$

$$k_t = \left(\frac{293}{273 + t} \right)^n \quad (2.3.3)$$

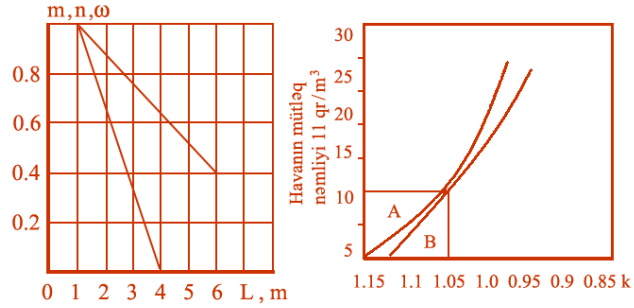
burada p və t –sınaq zamanı atmosferin təzyiqi və temperaturudur K ilə, m və n –cədvəl 2.3.1 və şəkl 2.3.1 -ə uyğun təyin edilən qüvvət üstləridir.

Quru vəziyyətdə xarici izolyasiyada aparılan sınaqlar zamanı $m=n$ götürülür. Cədvəl 2.3.1-dən də görüldüyü kimi, bir çox hallarda $m=n=1$ olduğundan quru boşalma gərginliyi havanın nisbi sıxlığı $\delta=k_n \cdot k_t$ -yə mütənasib olur.

Yağış suyu və onun temperaturu, praktiki olaraq yağmur boşalma gərginliyinə təsir etmir. Təzyiqin təsiri isə, havada boşalma məsafəsinin, izolyatorun səthi üzrə boşalma məsafəsinin nisbətində bərabər dərəcədə olur. Ona görə yağış altında sınaqlar aparılarkən, elektrodlar arası məsafədən asılı olmayaraq, $m=0,5$ və $n=0$ qəbul edilir.

Xarici izolyasiya quru vəziyyətdə sınaq edildikdə, havanın mütləq nəmliyinə uyğun aşağıdakı düzəliş əmsalı istifadə edilir: $k_\gamma = k^\omega$ burada k və ω – cədvəl 2.3.1 və şəkil 2.3.2-dən təyin edilən əmsallardır.

Şək.2.3.2 dən görüldüyü kimi, havanın nəmliyi normal nəmlikdən çox olduqda $k < 1$ olur. Nəmliyin artması boşalma gərginliklərinin müəyyən qədər artmasına səbəb olur.



Şək.2.3.1. m, n, ω dərəcələrinin elektrodlararası məsafə asılılığı

Şək.2.3.2. k əmsalının havanın mütləq nəmliyindən asılılığı

Havanda olan elektromənfi hissəciklərin sayı artdıqca onlar elektronları tutub daha çox mənfi yüklər yaradırlar. İonlaşdırıcı hissəciklərin sayı azaldığından boşalma gərginliyi artır. Elektrodlar arası məsafə azaldıqca (aşağı gərginliklərdə) və qısa müddətli gərginliklər tətbiq edildikdə, havanın nəmliyinin təsiri azalır. Bu asılılıqlar çoxsaylı təcrübələrin statistik emalı kimi şəkillərdə verilmişdir şək. 2.3.1 və 2.3.2 .

Sübut edilir ki, $U < 141$ kV olarsa düzəliş əmsalı aşağıdakı kimi yazılır:

$$K_{\gamma} = 1 + (\kappa^{\omega} - 1) \cdot U / 141 \quad (2.3.4)$$

İmpulsların təsir müddəti azaldıqca nəmlik əmsalı azalır.

$t_{bos} < 10$ mksan –lik kəsilməmiş impuls təsir etdikdə:

$$k_{\gamma} = 1 + 0,1 \cdot t_{bos} \cdot (\kappa^{\omega} - 1) \quad (2.3.5)$$

Hər iki şərt birlikdə olarsa, $U < 141$ kV və $t_{bos} < 10$ mksan:

$$k_{\gamma} = 1 + 0,1 \cdot t_{bos} \cdot (\kappa^{\omega} - 1) \cdot \frac{U}{141} \quad (2.3.6)$$

Təzyiq, temperatur və nəmliyin təsiri

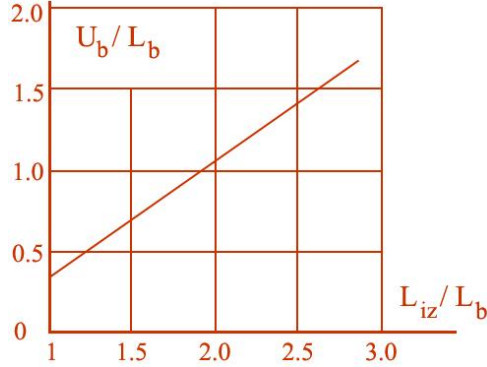
Cədvəl 2.3.1

<i>Dərəcə üstləri, əmsallar</i>	<i>Nisbətən birlinsli elektrik sahəsi olan izolyasiyako nstruksiyası</i>	<i>Kəskin qeyribircinsli elektrik sahəsi olan izolyasiya konstruksiyaları üçün</i>							
		<i>Dəyişən gərginliklərin təsiri</i>	<i>Rəqsi kommutasiya impulsların təsiri</i>		<i>Aperiodik kommutasiya impulslarının təsiri</i>		<i>İldırım impulslarının təsiri</i>		
			<i>Müsbət qütblü</i>	<i>Mənfi qütblü</i>	<i>Müsbət qütblü</i>	<i>Mənfi qütblü</i>	<i>Müsbət qütblü</i>	<i>Mənfi qütblük</i>	
								<i>Simmetrik elektrik sahəsi</i>	<i>Qeyri Simmetrik elektrik sahəsi</i>
<i>m, n k</i>	1,0	<i>Şək.2.3.1,1</i> əyrisi	0	<i>Şək.2.3.1</i> <i>1</i> əyrisi	0	1,0			
	1,0	<i>Şək.2.3.2,A</i> əyrisi	1,0	<i>Şəkil</i> <i>2.3.2,B</i> əyrisi	1,0	<i>Şəkil 2.3.2,</i> <i>A</i> əyrisi		1,0	
	0	<i>Şək.2.3.1,2</i> əyrisi	0	<i>Şək.2.3.1</i> <i>1</i> əyrisi	0	1,0	0,8	0	

2.3.2.Çirklənmə və nəmlənmənin xarici izolyasiyaya təsiri

Atmosfer şəraitində işləyən çirklənmiş izolyatorun səthində boşalma, çirklənən sahədə qismi boşalma yaranan səthi hissəsinə ardıcıl qoşulmuş müqavimətdən asılıdır. Müqavimət artdıqca gərginliyin qiyməti artır. Bu səbəbdən çirklənmiş rayonlarda işlədilən izolyatorlar elə layihələndirilir ki, onların səthi çirklənmə müqavimətləri $P_{sç}$ böyük olsun. Eyni çirklənmə şərtlərində izolyatorların müqaviməti onların konfigurasiyası və səthin hamarlığından asılıdır.

İzolyatorların əsas parametrlərindən biri səth üzrə olan qısa məsafə:-sızma yolunun L_{siz} boyudur. Bəzən izolyatorun bu xarakteristikası sızma yolunun onunhündürlüyünə nisbəti kimi təyin edilir (L_{siz}/H). Eyni dərəcədə çirklənmiş və nəmlənmiş izolyatorlarda aparılan təcrübələr göstərir ki, boşalma gərginliyi sızma cərəyanının yolu atdıqca artır şəkl. 2.3.3.



Şəkl.2.3.3.Boşalma gərginliyinin sızma yolundan asılılığı

Boşalmada, orta ESG-in asılılığı da xətti olacaqdır. Ona görə çirklənən atmosferli rayonlarda sızma yolunun boyu böyük olan izolyatorlar işlədilir.

Adi və normal izolyasiya ilə hazırlanmış izolyatorlarda L_{siz}/H nisbəti 2.2, xüsusi izolyatorlarda isə, 2.5÷2.8 arasında dəyişir. Hazırda, $L_{siz}/H=3.2$ və mexaniki möhkəmliyi 200 kN olan izolyatorlar buraxılır. Yivli çubuqlu ştırılı:-OHIII 35-2000 dayaq izolyatorları çirklə zonalarda uğurla istifadə edilir. Onların flanes oturacaqları anker boltlarla metal konstruksiyalara bərkidilir.

İzolyatorun gövdəsi yağmur təsirindən islanmayan ikinci bir səthə (ətəyə) malik olduğundan, çirklə zonalarda da onların səthi müqaviməti və boşalma gərginlikləri yüksək olur. Digər tərəfdən, mürəkkəb gizli ətləklər tədricən daha çox çirkləndiyi üçün, yağış və küləklə öz-özünə təmizlənməsi çətin olur. Bu cəhətdən ПФГ6-А və ПСГ6-А tipli izolyatorlarda $L_{siz}/H=3$ yüksək izolyasiya səviyyəsi olduğundan, ixtiyari çirklənməsi olan zonalarda işlədilə bilər.

Sızma cərəyanının yolunun boyu kimi, elektrodlar arasında ətəklər və çöklüklərin səthi üzrə olan qısa məsafə götürülür. Şək.2.3.3 asma xətt izolyatorunun kəsiyi verilmişdir.

İzolyatorlar sızma yolunun boyuna, forma və ölçülərinə görə, elektrik avadanlığının tərtibatına uyğun olmalıdır. Şoran torpaq və gübrələnən əkin rayonlarında onlar öz-özünə aerodinamik təmizlənmə xassəsinə malik olmalıdır. Məlumdur ki, çirklənmə ən çox izolyatorların elə hissəsinə yığılır ki, orada havanın sürəti sıfır olsun və ya burluğanlı hərəkət olsun. Ona görə də yaxşı sovruşan, eninə qabırğaları və dərin batıqları olmayan, hamar izolyator səthi daha üstündür. Son zamanlar hamar konik səthə malik olan izolyator səthi layihələndirilir. Cədvəl 2.3.2-də asma izolyatorların texniki parametrləri verilmişdir.

Ölkəmizdə atmosfer çirklənmələrinin 7 dərəcəli xəritəsi hazırlanmışdır. Elektrik qurğularının çirklənmə mənbəinə nəzərən yerləşməsi, çirkin xarakteri və miqdarına görə ərazilər 7 dərəcəyə bölünür: Açıq paylayıcı qurğular və hava xətləri çirklənmə mənbəi olan sənaye obyektlərindən minimal mühafizə məsafələrində yerləşdirilir. Çirklənmə mənbəinə yaxın olan 300 m məsafə maksimal (VII –dərəcə) çirk zonasıdır. 9000 m uzaqlıqda olan aralıqlar dərəcələrə bölünür:- M/9-1000 m-lik məsafə, M/6-1500 m-lik məsafə, M/3-3000 m-lik məsafələr kimi zonalara bölünürlər. Rayonların çirklənməsinə görə 1 dərəcəli xüsusi təmiz rayon 9000 m uzaqda yerləşir. Onlar otlaq, meşə sahələrilə örtüldüyü üçün orada atmosfer təmiz olur. II dərəcəli çirklənmə əkinçilik rayonlarında yaranır. Həmin rayonlarda torpağın üst qatında az miqdarda ion birləşmələri və tozlar olur. Kənd təsərrüfatı rayonlarında çoxlu kimyəvi maddələr gübrələr və herbisidlər işlədildiyindən onlar M/6 sənaye zonasına ekvivalent çirklənmə yaradırlar. Çirklənmə zonasının minimal məsafəsindən M/3 qədər uzaqda olan, duz tozları ilə çirklənməyən sənaye rayonları da 2-ci dərəcəli çirklənməyə aiddir. Orada torpağın üst qatında duzların miqdarı 0,5 % dən çox olur.

3, 4-cü dərəcəli çirklənmələr sənaye müəssisələrinin çirkləndirmə dərəcəsinə, duzlu və şoran olan zonaların təhlükəliliyinə görə, açıq paylayıcı qurğular və hava xətlərinə yaxın olan su anbarları və hövzələrə görə təyin olunur.

Hesabatlarda çirklənmələri sızma yolunun xüsusi effektiv qiymətilə nəzərə alırlar: $-\lambda$ sm/kV. DÜİST 9920-75-ə əsasən xarici qurğularda sızma yoluna görə 3-750 kV gərginlikli izolyasiya konstruksiyaları A, B, V kateqoriyalarında hazırlanır.

Cədvəl 2.3.2-də DÜİST 1516.1-76 ya əsasən APQ və HX-də işlədilən izolyatorların və onlardan təşkil olunmuş müxtəlif izolyasiya kateqoriyaları üçün, elektrik avadanlığının xarici izolyasiyasının sızma yolunun xüsusi uzunluqları, kritik taclanma gərginlikləri və forma əmsalları verilmişdir.

Cədvəl 2.3.2

İzolyatorların markası Yeni Köhnə		Elektromexanik i dağıcı qüvvə, F_{δ} $\kappa N \cdot sm$	İzolyator, Hündürlük sm	Diamteri D, sm	Sızma yolu L_{siz} , sm	Forma əmsali K_f	Kritik taclanma gərginliyi U_{tac} , kV
ПФ6 -А	П-4,5	60	17,0	27,0	27,0	0,7	-
П - 7		95	18,5	30,0	31,0	0,72	-
П-8,5		110	20,3	32,0	35,0	0,82	-
П -11		145	21,5	35,0	36,0	0,80	-
ПФГ6	ЩС-2	60	19,8	27,0	41,0	0,95	-
ПФГ8	ЩЗ-6	80	21,5	30,0	44,0	0,90	-
ПФГ-5А	ПР-3,5	50	19,4	25,0	41,0	0,85	-
ПФ6	ПМ-4,5	60	14,0	27,0	26,0	0,63	-
ПМ-8,5		110	18,5	31,5	34,5	0,74	-
ПФ6-В	ПФЕ-4,5	60	13,9	27,0	32,0	0,80	35
--	ПФЕ-11	145	18,0	32,0	40,0	0,81	40
ПФ20-А	ПФЕ-16	200	19,0	35,0	42,0	0,82	-
ПС6-А	ПС-4,5	60	13,0	25,5	25,0	0,62	28
--	ПС-8,5	110	15,0	29,0	29,0	0,57	-
PSQ6-В	ПСГ-4,5	60	13,0	25,5	36,0	0,79	-
ПФ16-А	--	160	17,3	28,0	35,5	1,2*	-
ПС12-А	--	120	14,0	26,0	32,5	1,2*	35
ПС16-Б	--	160	17,0	28,0	38,7	1,2*	40
ПС22-А	--	220	20,0	32,0	39,0	1,2*	40
ПС30-А	--	300	19,0	32,0	42,5	1,1*	45
ПС40-А		400	19,0	33,0	44,5	1,1*	50

* işarəsi sızma yolundan istifadə üçün düzəliş əmsallarıdır.

2.3.3. İstismar şəraitində izolyasiyanın elektrik möhkəmliyinin azalması

Xarici izolyasiyanın istismar şəraitində elektrik möhkəmliklərinin azalması müşahidə edilir. Atmosfer şərtləri yüksək gərginlik avadanlığının yerləşmə hündürlüyü, yeri o cümlədən mövsüm, günlük və həmçinin konkret metroloji şərtlərdən asılıdır. Dünyanın bir çox laboratoriyalarında müxtəlif yüksəkliklər üçün təcrübələr aparılmışdır. Müxtəlif yüksəkliklərdə δ/k nisbəti və yağışlı hava üçün təzyiqə görə $k_{pyağ}$ düzəliş əmsalları arasında asılılıq tapılmışdır. Açıq atmosferdə, yağışlı havada işləyən izolyatorlar üçün $k_{pyağ}$ aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$k_{pyağ} = 0,5 \cdot \left(1 + \frac{P}{P_0}\right) \approx \left(\frac{P}{P_0}\right)^{0,5} \quad (2.3.7)$$

Dəniz səviyyəsindən müxtəlif yüksəkliklər üçün düzəliş əmsalları, δ/k arasında asılılıqlar aşağıdakı ədədlərlə verilmişdir:

<i>Dəniz səviyyəsindən</i>					
<i>Yüksəklik, m</i>	150	500	1000	2000	3000
<i>δ/k nisbəti</i>	0,94	0,89	0,84	0,74	0,64*
<i>$k_{pyağ, yağışlı}$ havada,</i>					
<i>təzyiq əmsali</i>	0,985	0,965	0,94	0,89	0,84*

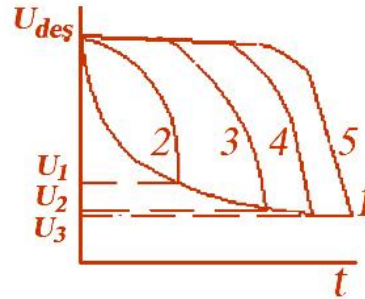
Göstərilmiş ədədlərin ulduzlu rəqəmləri ekstropolyasiya üsulu ilə təyin edilmişdir.

Verilmiş rəqəmlər açıq atmosferdə müxtəlif dəniz səviyyəsində işləyən elektrik avadanlığı və HX-nini xarici izolyasiyanın boşalma gərginliklərinin istismar şəraitində azalmasını göstərir. Gətirilmiş rəqəmlər əsasən uzunluğu 1 m-ə qədər olan izolyasiyaya aiddir. Daha böyük uzunluqlarda onların tətbiqi boşalma gərginliklərinin xeyli artıq ehtiyatla hesablanması deməkdir. Çünki, əmsallar təyin edilərkən, elektrodlar arası məsafənin 1 m-dən çox olduğu halda, havanın nəmliyi və nisbi sıxlığının dəyişməsinin göstərdiyi təsirləri nəzərə alınmamışdır.

Daxili izolyasiyanın elektrik möhkəmliyinin dəyişməsi qismi boşalma təsirlərindən baş verir. Dəyişməni təsir edən gərginliyin amplitudu və saxlanma müddətilə aydın müşahidə etmək olur. Deşilmə gərginliyinin təsir müddətindən asılılığını iki üsulla təyin edirlər. birinci üsulda izolyasiyaya, müəyyən qiymətlə, verilmiş sınaq gərginliyi tətbiq edilir və deşilməyə qədər saxlanılır. Tətbiq edilən bu gərginliyin qiymətini dəyişməklə, alınan elektrik deşilməsinin zamandan asılılığı çıxarılır. Bu asılılıq çökük əyri şəkilində olur şəkl.2.3.4 *I əyirisi*. Göründüyü kimi, kiçik saxlanma müddətlərində deşilmə gərginliyinin qiyməti sürətlə azalır və əksinə uzun müddətlərdə deşilmə gərginlikləri az dəyişməsilə xarakterik olur. İkinci üsulda sınaq olunan nümunəyə verilən gərginlik bir müddət saxlandıqdan sonra səlis olaraq artırılır.

Verilmiş gərginlik altında müəyyən müddət saxlanılan izolyasiya, təzə izolyasiya üçün normal deşilmə müddətindən daha kiçik müddətdə deşilir. Belə təsir altında deşilmə gərginliyinin zaman asılılıqları təyin edilir. Bu asılılıqlar qabarıq 2-5 əyriyə kimi dəyişir. Əyriyənin kəşimə nöqtəsi I üsuldə alınan deşilmə gərginliklərinin ordinatlarına uyğun olur.

Ona görə, gərginlik təsirindən elektrik möhkəmliyinin dəyişməsi üçün ən çox 1 asılılığı istifadə edilir. Bu təcrübələrdə seçilib saxlanılan sınaq gərginlikləri deşilmə əyrisinin formasına uyğun olur, $U_{deş}=f(\tau)$ asılılığının alınması uzun təcrübələrin aparılmasını tələb edir. Təcrübələr 100 saatlar çəkir. Təcrübələri sürətləndirmək üçün, sınaq gərginliyi, işçi gərginlikdən 3 dəfə artıq götürülür. İstisnada deşilmə gərginliyinin saxlanma müddətindən asılılığı: $U_{deş}=A \cdot \tau^{-1/n}$ kimi dəyişir. Burada n izolyasiya konstruksiyasının xarakterindən və təsir edən gərginlikdən asılı olan əmsaldır. Bu əmsal izolyasiyanın köhnəlməsini və kritik qismi boşalmaların oblastını təyin edir. İrəlidə göstərilir ki, bu əmsal həm də boşalma ehtimalını ifadə edir. Məsələn, sənaye tezlikli gərginliklərdə kondensator izolyasiyası üçün $n=4 \div 8$, yağ-baryer izolyasiyası üçün isə, $n=55 \div 80$ arasında dəyişir.



Şək.2.3.4. Deşilmə gərginliyinin təsir edən gərginliyin saxlanma müddətindən asılılığı 1-təsir edən gərginliyin deşilməyə qədər saxlandığı hal; 2-5 təsir edən gərginliyin bir müddətdən sonra səlissə olaraq artırıldığı hal

İşçi sahə gərginliyinə yaxın gərginliklərdə meydana çıxan köhnəlmə prosesi qismi boşalmalar və onların kritik qiymətlərə keçməsilə bağlı olur. Qısa müddətli kommutasiya və atmosfer impuls gərginlikləri təsir etdikdə bərk izolyasiyada mikroçatlar yaranır. Şüşə, kanifol, sellüloid və s. kimi amorf tərkibli maddələrdə çatlar əriyərək öz-özünə dolur.

Təkrar gərginlik impulsları təsir etdikdə isə başqa yerlərdə yeni çatlar yaranır. Belə dielektriklərdə deşilmə gərginlikləri tətbiq olunan impulslarının sayından asılı olmur. Bəzi dielektriklərdə təkrar impuls əvvəlki çatlarda boşalmalar yaradırlar. Nəticədə çatlar tədricən genişlənir və impulsların sayı artdıqca izolyasiyanın elektrik möhkəmliyi, zədələrin kumulyasiya olunması səbəbilə azalır.

2.4.1. Xətt izolyasiyasının normativ sənədlərə görə seçilməsi

Xətt və yarımstansiya izolyasiyası seçilərkən ilk növbədə onların yaxınlığında olan canlılar, maşın-mexanizmlərin təhlükəsizliyini nəzərə almaq lazımdır. Bu zaman məfillərin izolyasiya və asqı armaturları elektrik gərginliyi və mexaniki təsirlərə qarşı etibarlı işi təmin etməlidirlər. Eyni zamanda xətlərdə radiomaneələrin buraxıla bilən qiymətləri şəhər və qəsəbələr yaxınlığında elektrik sahə gərginliyinin $1,5 \text{ kV/m-dən}$ böyük olmaması diqqətə alınır. İzolyasiyanın etibarlılığı və texniki-iqtisadi səmərəliliyi də lazımı həddlərdə olmalıdır. Hava xətlərinin layihələri göstərir ki, izolyasiyanın işçi gərginliklərdə etibarlı və təhlükəsiz işini təmin edən şərtlər, iqtisadi cəhətdən də sərfəlidir. Əgər kommutasiya və ildırım ifrat gərginliklərinə görə hesablanmış izolyasiya məsafəsi böyük olarsa, onda ifrat gərginliyə görə məhdudlaşdırıcı tədbirlər aparılır. Bu məqsədlə əsas kontaktlarla paralel qoşulmuş şunt müqavimətli açarlar [15], qeyri-xətti element bazasında hazırlanmış ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcıları İGM, boşaldıcılar, ildırımdan mühafizə trosuları, reaktorlar və s. istifadə edilir. Hava xətlərin izolyasiyasının hesabı işçi gərginliyə görə, izolyator zənciri üzrə sızma yolu boyunca uzunluğundan başlanır şəkl.2.4.1. Təcrübələr göstərir ki, işçi gərginliklərdə etibarlı işləyən izolyator zənciri atmosfer və daxili ifrat gərginliklərə də yaxşı davam gətirirlər. İzolyatorların tipi və sayı isə atmosferin çirklənmə dərəcəsinə görə təyin edilir. 110-220 kV-luq xətlərin izolyasiyasını təyin edən amillərdən biri də ildırım ifrat gərginliklərinə qarşı qoyulan tələblərdir.

Mühafizə qurğuları və tədbirlərinin nəticəsində izolyasiya səviyyəsi “normaya” gətirilir Bundan sonra kommutasiya və atmosfer ifrat gərginliklərin təsiri olsa da, izolyasiyasının normal işi pozulmur.

EVX izolyasiyasının hesabı və seçilməsinin iki üsulu vardır: 1) adi elektrik veriliş xətlərinə və yarımstansiyalara aid olub çoxillik istismar təcrübələri və elmi işlərin nəticəsinə görə ümumiləşmiş üsullar; 2) qeyri standart trosla çəkilən və ya nəmlənmə və çirklənməyə görə ən pis şəraitlərdə işləyən xətt və yarımstansiyalara aiddir. İkinci üsulda kombinə edilmiş yanaşma istifadə edilir.

Xətt izolyasiyası hesablandıqda ilk növbədə dayaq tipi, məftilin en kəsiyi, aşırımlararası məsafələr seçilir və normativ yüklərə görə onların mexaniki hesabları aparılır. Normativ yüklər isə xətt trasının keçdiyi ərazinin iqlim şərtləri ilə təyin edilir. Mexaniki yüklər, küləyin sürəti, faz konstruksiyaları, buzlaşma təbəqəsinin qalınlığı və s. dən asılıdır. Küləyin təsir qüvvəsi $550-1250 \text{ N/m}^2$ arasında dəyişir. Maksimal külək təzyiqi və buzlaşma qalınlığı 6-330 kV-luq EVX-də 10 ildən bir, 500–750 kV-luq xətlərdə isə 15 ildən bir təkrarlanması kimi nəzərə alınır. Çünki, 500-750 kV xətlərin açılmasında dəyən ziyanlar daha böyükdür və onların hesabi yükləri böyük ehtiyata malik olmalıdır.

İzolyatorların xüsusi effektiv sızma yolu $-\lambda_{ef}$, onların etibarlı işini təmin edən izolyasiya uzunluğunun ən böyük işçi gərginliyə nisbətini göstərir:

$$\lambda_{ef} = L_{ef} / U_{enb.is} \quad (2.4.1)$$

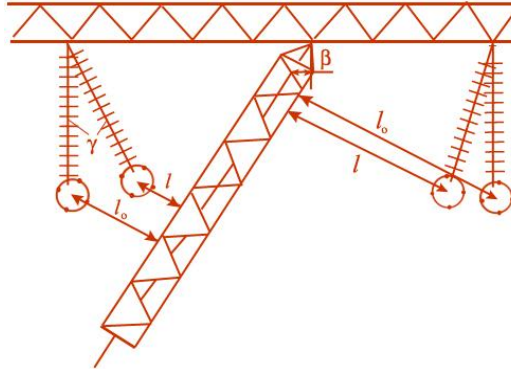
burada $L_{ef} = L_{cb13}/K$ kimi, sızma yoluna görə təyin edilir.

$$U_{enb.oyis} = k \cdot \frac{U_{enb.oyis}}{\sqrt{3}} \quad (2.4.2)$$

k -normal işçi rejimlərdə şəbəkənin gərginlik dəyişmələrini göstərən əmsaldır, $k=1,2 \div 1,05$ arasında dəyişir.

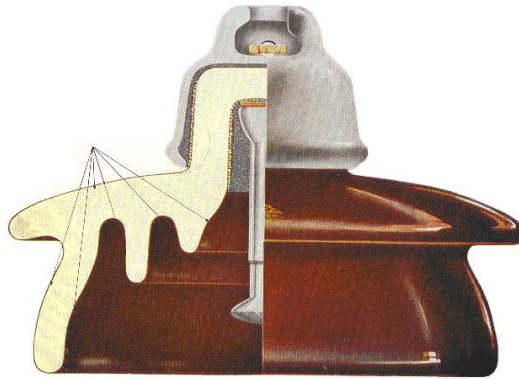
Hava xətlərində traverslərin ölçüləri və izolyator zəncirinin bağlanma üsullarından asılı olaraq, məfillər sıfır potensiallı dayaqalara nisbətən, hərəkətli və ya tərpənməz olurlar. Məsələn, V şəkilli izolyasiya zəncirində xətt məfilləri dayağa nəzərən tərpənməz olurlar. Lakin bu halda zəncirdə istifadə edilən izolyatorların sayı iki dəfə artır. V asqılı izolyatorların ara bucağı $100 \div 110^\circ$ götürülür. İşçi gərginliklərdə etibarlı istismar üçün izolyatorların sızma yolunun boyu aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$L_{siz} \geq K \lambda_{ef} U_{ən böyük işçi} \quad \text{və} \quad n = L_{siz} / L_{siz 1} \quad (2.4.3)$$



Şək.2.4.1. Məfil-dayaq arası məsafənin sxemi

Cədvəl 2.4.2-də 35-750 kV, dəmir-beton və ya metal dayaqalarda çəkilmiş izolyatorlar üçün effektiv sızma yolunun boyu verilmişdir. (2.4.2, 2.4.3) ifadələrilə girlyanda zəncirində olan izolyator sayını hesablayırlar. Burada, $L_{cb13}l$ -bir izolyatorun ölçülərinə görə sızma yolunun uzunluğu, $U_{ən böy iş}$ –fazlarası ən böyük işçi gərginlikdir. *F6-B (PS-12-A)*–tip asma xətt izolyatorlarının Alman markalı bir nümunəsi şək.2.2.1 –də göstərilmişdir. Bir sıra ölkələrdə xüsusi gücləndirilmiş şüşə izolyatorlar hazırlanır. İzolyator istehsal müəssisələrində HX, darta girlyanda zəncirəsi və Y/St partal dayaqları üçün ölçüləri $L_{siz}/H \approx 3$ nisbətində dəyişir. İzolyatorlar Rus standartlarına görə *DÜİST6490-67-PSQ6-A*, İngilis standartları *BS-147*, Alman-VDE 0446 standartlarına görə *GA-500 HG* və *GA- 500 MG* ilə markalanırlar.



Şək.2.4.2. Asma xətt izolyatoru ПИФГ6-А

(2.4.4) ifadəsilə aparılan hesabatlarda vergüldən sonrakı 3 rəqəmi bir artıq sayə gətirilir. Etibarlılığı və elektrik möhkımliyini artırmaq məqsədilə, 1000 m-dən yüksək və çirklənmə dərəcəsi IV-dən böyük olan ərazilərdə çəkilmiş elektrik veriliş xətləri üçün hesablanmış n izolyatorlar sayına bir və ya iki ədəd izolyator əlavə edilir.

Hava xətlərində cərəyan ötürücü və torpaqlanmış hissələr arasında ən qısa izolyasiya məsafələri cədvəl 2.4.1 verilmişdir.

Havada xətt gərginlikləri (kV) üçün ən kiçik məsafələr –sm-lə

Cədvəl 2.4.1

<i>Hesabat şərtləri</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>35</i>	<i>110</i>	<i>220</i>	<i>330</i>	<i>500</i>
<i>İldırım ifrat gərginliklərinə görə taxma izolyator üçün</i>	<i>15</i>	<i>25</i>	<i>35</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>asma izolyator üçün</i>	<i>20</i>	<i>35</i>	<i>40</i>	<i>100</i>	<i>180</i>	<i>260</i>	<i>320</i>
<i>Daxili ifrat gərginliyə görə</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>30</i>	<i>80</i>	<i>160</i>	<i>215</i>	<i>300</i>
<i>İşçi gərginliyə görə</i>	<i>-</i>	<i>7</i>	<i>10</i>	<i>25</i>	<i>55</i>	<i>80</i>	<i>115</i>
<i>Dayağa çıxan personalın təhlükəsizliyi üçün</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>150</i>	<i>250</i>	<i>350</i>	<i>450</i>

Deyildiyi kimi güclü çirklənən rayonlarda zəncirədə olan izolyatorların sayını artırmaq və ya bu rayonlar üçün xüsusi çirklənməyə davamlı izolyatorlar işlətmək lazımdır.

Xətt və yarımstansiya izolyatorlarında defektli izolyatorların vaxtında tapılması elektrik qurğularının qəza baş vermədən işləməsi üçün əsas şərtidir. Asma izolyatorlar zəncirəsinə bir-birinə ardıcıl birləşmiş kondensatorlar kimi baxmaq olar. Hər bir izolyatorun xüsusi tutumundan C_d , əlavə onların yerə C_{yer} və xətt məftilinə görə C_x tutumları da əvəz sxeminə daxil olur şəkl.2.4.3. C_{yer} və C_x tutumları təsirindən potensial izolyasiya zəncirəsi boyu müntəzəm paylanması mümkün olmur.

Zəncirə boyunca gərginliyin paylanmasında, məftilə yaxın birinci izolyatorada potensialın böyük olması səbəbindən, onlarda tac boşalması yaranır. Tacı boşaltmaq üçün izolyasiya zənciri boyunca potensialın paylanmasını bərabərləşdirirlər. Bunu üçün zəncirin xətlə birləşən ucuna metal həlqələr– *ekranlar montaj edilir.*

Zəncirdə defektli izolyatorları yoxlamaq üçün nəzarət ştanqları, kürəvi boşaldıcılar, ölçü hərəkət maşınları və yüksək tezlikli ölçü cihazlarından istifadə edilir. Ölçü ştanqları vasitəsilə elementlərin gərginliyi birbaşa ölçülür.

35 -750 kV-luq asma izolyator zənciri və açıq paylayıcı qurğularda xüsusi sızma- λ_{ef} yolu üçün normativ qiymətlər *Cədvəl 2.4.2*

Atmosferin çirklənmə dərəcəsi	λ_{ef} , effektiv sızma yolu, sm/kV hava xətləri üçün			Açıq paylayıcı qurğular, kV	
	35	110- 220	330- 750	35	110- 750
I	1.7	1.3	1.3	1.7	1.5
II	1.9	1.6	1.5	1.7	1.5
III	2.25	1.9	1.8	2.25	1.8
IV	2.6	2.25	2.25	2.6	2.25
V	3.5	3.0	3.0	3.5	3.0
VI	4.0	3.5	3.5	4.0	3.5

2.4.2. Asma xətt izolyator zəncirinin mexaniki hesabı

Hava xətlərinin normal istismar şərtlərində həm anker dayaqları, həm də ara dayaqalara vertikal qüvvələr təsir edir. Bu qüvvələrə, məftil və izolyatorların çəkisi, buz yükü və üfüqi istiqamətdə təsir edən küləyin təzyiqi daxildir. Qəza rejimlərində, məftilin qırıldığı halda, anker dayağı və onun dartı izolyatorları aşırımın qeyrisimmetrik yüklərini öz üzərinə götürür. Məftili asılı və ya dartılmış şəkildə saxlayan izolyator zəncirəsi də bu qüvvələrə davam gətirirlər. Buz təbəqəsinin müxtəlif anlarda və fərqli yerlərdən qopması, məftillərin burulmasına və bağlantı nöqtələri ətrafında dönmələrinə səbəb olur.

Ona görə, sıxacların ölçü və formaları elə olmalıdır ki, kəskin dönmələr izolyatorları zədələməsin.

Asma izolyatorlar girlyanda zəncirəsində sıra ilə yığıldığından, ayrı-ayrı izolyatorlar üçün hesabat aparılmır. Asma xətt izolyatorları üçün ayrılıqda nominal gərginlik də verilmir. Hər izolyatora düşən işçi gərginlik, xəttin gərginlik sinfindən və izolyatorun zəncirdəki sırasından asılıdır. Ümumiyyətlə asma izolyatorun ayrılıqda işçi gərginliyi 20-40 kV-dur. Sınaq edildikdə isə, izolyatora 63-110 kV gərginlik verilir. Zəncirdə olan izolyatorların sayı isə, ən böyük işçi gərginlik və çirklənmə dərəcəsinə görə hesablanır (2.4.3). Zəncirin montajında izolyatorun çubuğu digər izolyatorun şapkasında olan yuvaya keçirilib sancaqlanır. Dirsəkli şarnir qaydasında sıra ilə birləşdirilmiş bu izolyatorlar əsasən dartı qüvvəsinə işləyirlər. Dartı qüvvəsi faz məftilinin en kəsiyi və dayaqlar arası aşırımların uzunluqlarından asılıdır. Zəncirənin ümumi uzunluğu isə, ardıcıl bağlanmış izolyatorların sayı, birləşdirici armatura və asğı sıxaclarının uzunluqlarından asılıdır. Bu uzunluq, xətt məftili ilə travers arasındakı məsafəni əhatə edir. İzolyator zəncirəsinin mexaniki möhkəmliyi isə, bağlanmış hər bir izolyatorun möhkəmliyi ilə təyin edilir. Empirik usulla təklif edilən hesabatlarla görə, qırıcı qüvvəyə qarşı müqavimət momentinin farfor gövdənin en kəsiyindən asılılığı aşağıdakı funksiya ilə ifadə edilir:

$$F_{qv} = 20 \cdot e^{-0.0001S} \quad (2.4.4)$$

burada S - en kəsik sahəsidir, m^2 -la ölçülür.

İzolyatorun çuqun başlığının hündürlüyü nəzərə alınmaqla çiyin hissəsinə düşən maksimal qırıcı moment aşağıdakı dysturla hesablanır:

$$P_{qir} = \frac{F(H - H_0)}{k} \quad (2.4.5)$$

burada H_0 -şapkanın bərkidilmə nöqtəsindən çiyin hissəsinə qədər olan məsafədir, k -izolyator başlığının qonşu izolyatorun çubuğu ilə birləşməsinə nəzərə alan əmsaldır:- $k=1.2 \div 1.6$.

İzolyatorun əsas qabarit ölçülərini H/D nisbətindən təyin edirlər. H/D nisbəti 0.6–0.64 qiymətləri arasında götürülür. Əkcəp izolyatorlar üçün, bu əmsal 0.47-0.5 arasında götürülür. Çirklənmiş şəraitlərdə işlədilən izolyatorlarda H/D nisbət 0,7-0,8 arasında olmalıdır. Bu kəmiyyətlər seçildikdən sonra izolyatoru elə lahiyələndirirlər ki, sızma cərəyanının yolu və uzunluğuna görə olan izolyasiya məsafəsi təmin edilsin. İzolyatoru lahiyələndirdikdə səthin hamar olması və öz-özünə təmizlənmə bilməsi şərti də nəzərə alınır. Başlıq və çubuğun konstruksiyaları elə seçilir ki, izolyasiya gövdəsi əsas sıxılma qüvvəsinə işləsin şəkl 2.2.1. Asma izolyator zəncirəsi, dayağa şarnirli birləşdirilir. Ona görə yan əsən küləyin təsiri ilə izolyator zənciri şaquli vəziyyətini dəyişərək dayağa yaxınlaşır. Boşalma yardan yaxınlaşmanın qarşısını almaq üçün izolyasiyanı gücləndirən müxtəlif üsullar tətbiq edilir.

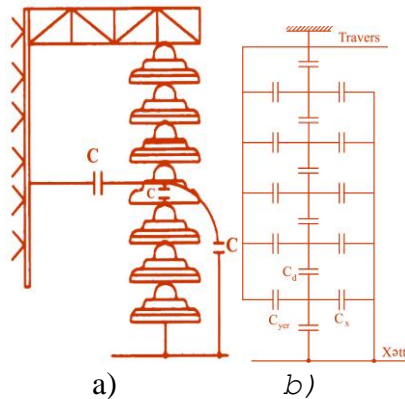
Məsələn B şəkilli konstruksiyada xətt məftili traversin iki nöqtəsinə bərkidilmiş izolyator zəncirindən asıldığı üçün xəttin oxuna nəzərən tərpənməz olub, daha möhkəm və küləyin təsirinə qarşı dözümlü olur. Əgər hesablanmış mexaniki yük standart izolyatorun möhkəmliyindən böyük olarsa, iki və üç zəncirli girlyandalar istifadə edilir.

Çubuğun və sırğaların diametri qırılmada mexaniki möhkəmlik şərtindən təyin edilir (2.4.5).

Çubuğun və farfor (şüşə) gövdənin başlıq hissəsini adətən konik formada hazırlayırlar. Çubuqla izolyatorun başlığı və başlıqla şapka arasında temperatur təsirlərindən müəyyən yerdəyişmə olması üçün konusluq bucağı seçilir. Bu şərti təmin etmək üçün, $\sigma_{qır} = \sigma / 15$ götürülür, şək.2.4.1. Sürtünmə əmsalını azaltmaq məqsədilə çubuğun başlıq hissəsinə bitum sürtülür.

2.4.3. İzolyasiya zəncirinin elektrik sxemi və tənlikləri

Girlyanda boyu gərginliyin paylanmasına görə izolyatorun yığcam defektlərini aşkar etmək olar. Bu metod, nimçə şəkilli izolyatorlardan ibarət girlyanda zəncirəsində və paylayıcı qurğuların dayaq sütunlarındakı izolyatorların uzunluğu boyu gərginliklərin paylanması üçün tətbiq edilə bilər. Onun mahiyyəti, gərginlik düşkülləri olan hər bir izolyasiya elementindəki gərginliyin, normal paylanma qiymətləri ilə müqayisə edilməsindən ibarətdir. Gərginliyin normal paylanması dedikdə, konstruksiyada olan bütün izolyasiya elementlərinin sağlam (defektsiz) olduğu haldakı gərginlik paylanmaları nəzərdə tutulur. İzolyator zəncirində gərginliyin paylanmasına təsir edən bir sıra amillər mövcuddur. Bu proseslər üçün, N elementdən ibarət olan zəncirdə və ya izolyatorlar sütununda bütün izolyatorların səthinin quru və təmiz olduğu qəbul edilir. Məlumdur ki, bu halda izolyatordan keçən cərəyan, tutum xarakterli olacaqdır. Ona görə, $\cos\varphi = 0.05$ götürülür və əvəz sxemi tərtib edildikdə konstruksiyanın elementləri hər bir izolyatorun tutumuna bərabər olan N sayda xüsusi tutumlar (C) kimi göstərilir şək.2.4.2.



Şək. 2.4.2. İzolyator zəncirəsi (a) və onun elektrik əvəz sxemi b).

Sxemə dəyişən gərginlik tətbiq etdikdə dövrədən axan cərəyan hər bir tutumda gərginlik düşküsünə səbəb olacaqdır. Ardıcıl qoşulmuş C_d tutumları üzrə gərginliyin paylanması bərabər olacaqdır (a –əyrisi). Əvəz sxemində bununla yanaşı asma izolyatorun metal şapkasının torpaqlanmış metal dayaqalara nəzərən tutumları C_{yer} və cərəyan keçirən xətt məftillərinə nəzərən– C_x tutumları da nəzərə alınmalıdır. Məlumdur ki, hər bir izolyatorun metal şapkalı öz aralarında da bir C_s -tutumu yaradırlar. Tam elektrik əvəz sxeminə yuxarıda adları çəkilən bütün dörd növ tutumlar daxil edilir. Dəqiqlik tələb olunmadığı hallarda isə, C_s tutumlarını nəzərdən atırlar. Şəkildə girlyandanın k-cı elementi üçün, göstərilmiş parametrlərin əvəz sxemindəki yerləri verilmişdir. 4 tutumdan ən böyüyü izolyatorun məxsusi tutumudur– $C_d=30-70$ pF olur. Onlardan ən kiçiyi isə, izolyatorun metal elementləri arasında olan C_s tutumlarıdır. Bunların qiymətləri, aralarındakı məsafənin artması ilə, aşağıdakı azalan sıra üzrə dəyişir:

$$C_{s\ k(k+1)}=0.5\ pF; \ C_{h\ k(k+2)}=0.3\ pF; \ C_{s\ k(k+3)}=0.16\ pF; \ C_{s\ k(k+4)}=0.1\ v\ \text{v}\ \text{s}.$$

Metallik elementlərlə torpaqlanmış hissələr arasındakı tutum C_{yer} , girlyandanın dayağa nəzərən yerləşməsindən, girlyandaya birləşdirilən ekranlar və izolyatorların traversdən olan məsafələrindən asılı olaraq dəyişir. Məsələn, traversə yaxın olan izolyator şapkası ən böyük tutuma, məftilə yaxın olan şapka isə, ən kiçik tutumlara malikdir, təxminən 2:1 nisbəti ilə azalır. Onların mütləq qiyməti isə 5 pF-a çatır. Metal hissələrlə faza məftilləri arasındakı tutumlar isə 1-2 nisbətində qiymətlər alır. C'' tutumları məftildən uzaqlaşdıqca daha kəskin, təxminən 4:1 nisbəti ilə azalır. C'' tutumların qiymətləri girlyandaya bərkidilmiş bərabərləşdirici ekranların həlqəvi yerləşməsindən, faza məftillərinin sayından və qarşılıqlı bərkidilmə vəziyyətindən də asılıdır.

Sxemin sadələşdirilməsi məqsədilə C_d və C_x tutumlarının girlyandanın hündürlüyü boyu sabit olduqlarını qəbul edirlər. Bu şərtlər daxilində xətt izolyatorlarından ibarət olan girlyandanın tənlikləri aşağıdakı kimi yazılır:

$$I_1 = U_1 \omega c_1 \quad i_{j1} = U_1 \omega m_1 c_1$$

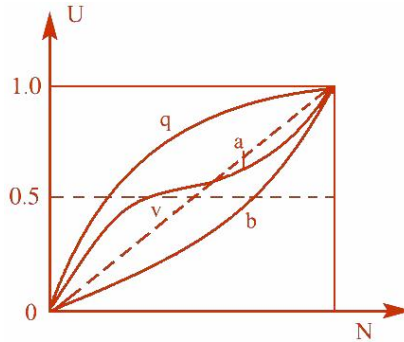
$$I_2 = U_2 \omega c_1; \quad i_{j2} = (U_1 + U_2) \omega m_1 c_1; \quad i_{m1} = U_2 \omega m_2 c_1,$$

$$I_3 = U_3 \omega c_1 \quad i_{j3} = (U_1 + U_2 + U_3) \omega m_1 c_1; \quad i_{m2} = (U_2 + U_3) \omega m_2 c_1$$

$$I_2 = I_1 + i_{j1} - i_{m1} = U_1 \omega c_1 + U_1 \omega m_1 c_1 - U_2 \omega m_2 c_1 = U_1 \omega c_1 (1 + m_1) - U_2 \omega m_2 c_1$$

$$U_2 \omega c_1 + U_2 \omega m_2 c_1 = U_1 \omega c_1 (1 + m_1); \quad U_2 = U_1 (1 + m_1) / (1 + m_2)$$

$$I_3 = I_2 + i_{j2} - i_{m2} = U_2 \omega c_1 + (U_1 + U_2) \cdot \omega m_1 c_1 - (U_2 + U_3) \omega m_2 c_1$$



Şək.2.4.3. Tutum zəncirəsində gərginliyin paylanma qrafikləri, ayrılırdə aşağıdakı kondensator tutum nisbətləri olur:

$$a - C^1 = C^{11} = 0, b - C^1 \neq 0; C^{11} = 0, \text{ olduğu hallarda gərginlik}$$

$$v - C^1 \neq 0; C^{11} \neq 0, q - C^1 = 0; C^{11} \neq 0$$

paylanmasının ayrılırını göstərir.

$m_1 - m_2 = v$ kimi işarə edərək, bir sıra çevirmələr apardıqdan sonra aşağıdakı ifadələri yazmaq olar:

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= U_1 \\ U_2 &= U_1(1 + v) \\ U_3 &= U_1(1 + 3v + v^2) \\ U_4 &= U_1(1 + 6v + 5v^2 + v^3) \\ U_5 &= U_1 \cdot (1 + 10v + 15v^2 + 7v^3 + v^4) \\ &\dots \end{aligned} \right\} \quad (2.4.6)$$

Sistem tənliklərin mətərizə içərisindəki ifadələri 1 ilə başlayır. Axırınıcı həddin əmsalı da vahiddir, onun qüvvət üstü isə, izolyatorun girlyandadakı sıra nömrəsindən 1 dərəcə kiçik olur. Bu zaman girlyandada olan izolyatorların say sırası traversdən hesablanır. (2.4.7) sistem ifadəsinin matrisasını təşkil edən orta hədləri isə aşağıdakı qaydada təyin edilir:- hər-hansı bir U_i ifadəsindəki v_i -nin əmsalını hesablamak üçün, ondan əvvəlki bütün tənliklərin U^{j-1} üstlü həddlərinin əmsalları toplanır və alınan ədədin üzərinə, bir əvvəlki U_{i-1} tənliyində olan U^j həddinin əmsalı əlavə edilir.

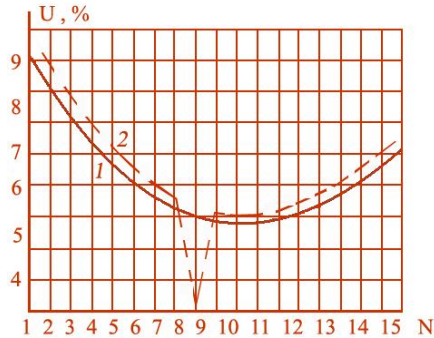
Hər bir izolyatorun faz məftili ilə olan tutumundan keçən cərəyan, əvəz sxeminə görə dayağa nəzərən olan tutum cərəyanının əksinə yönəlmiş olur. Əgər həmin tutum nəzərə alınarsa, m əvəzinə $m_1 = m - k$ yazılır. Burada k faz məftilinə nəzərən olan tutumların izolyatorun xüsusi həndəsi tutumuna olan nisbətidir: $-k \approx C''/C$.

Alınmış alqoritmə uyğun olan hesabat proqramı tərtib edilmiş və komputerdə izolyatorların sayı və onlardakı gərginlik düşküləri təyin edilmişdir. [8] - də verilmiş əvəz sxeminə yalnız əsas həndəsi tutumlar və

torpaqlanmış dayaqlara görə hecaöblanan *tutumlar* nəzərə alınır. Göründüyü kimi bu fəsildə verilmiş əvəz sxemində izolyatorların həm də, xəttin faz məftillərinə görə olan tutumları, $c''=kc$, nəzərə alınır. Hesabatlar kompyuterdə aparılmasını nəzərə alaraq, alqoritmlərin rekkurent formula (əvvəlki qiymətlər sonrakı tənliklərə daxil edilən) şəklində yazılması daha uyğundur:

$$\begin{aligned} U_1 &= U_1^x I \\ U_2 &= U_1(1+m-k) \\ U_3 &= U_2(1+m-k) + U_1(m-k) \\ U_n &= U_{n-1}(1+m-k) + U_{n-2}(m-k) + \dots + U_2(m-k) + U_1(m-k) \end{aligned} \quad (2.4.7)$$

Əgər, məftilə nəzərən C''' sıfır olarsa, məftildən birinci izolyator da gərginlik düşküsi ən çox, traversə nəzərən C'' sıfır götürülərsə, traversdən birinci izolyator da ən çox gərginlik düşküsi olacaqdır Şək.2.4.4. Şəkildə 220 kV EVX-də bütün izolyatorlar sağlam olduğu hal üçün zəncirdə gərginlik paylanmasının hər izolyatora düşən qiymətləri və “normal paylanma” və defektli izolyatorlu ayriləri verilmişdir. Əgər izolyatorlardan biri deşilmiş olarsa, göstərilən əyridə həmin izolyatora aid gərginlik sıfır olduğundan zəncirdəki digər izolyatorların payına düşən gərginlik artır. Gərginliyin səlis paylanma əyrisi şək.2.4.4 də qırıq xətt kimi pozulmuş olur.



Şək.2.4.4. 220 kV EVX-n N izolyator üzrə normal gərginlik paylanması. İzolyatorların nömrəsi məftildən sayılır 1-normal paylanma, 2-defektli izolyator olan halda paylanma

2.4.4. Faz gərginliklərinə görə məftillərin elektrik yükü və sahə gərginliklərinin hesablanması

Məlumdur ki, əvvəlcə hava xətlərinin məftillərində elektrik yükləri deyil, onların işçi gərginlikləri verilir. Ona görə məsələ məftillərin verilən faz gərginliklərinə görə xüsusi yüklərinin hesablanmasına gətirilir. N məftildən ibarət olan ötürücü sistemdə yük və potensiallar arasında Maksvell tənlikləri yazılır:

$$\begin{aligned} U_1 &= \alpha_{11}q_1 + \alpha_{12}q_2 + \dots + \alpha_{1n}q_n \\ U_2 &= \alpha_{21}q_1 + \alpha_{22}q_2 + \dots + \alpha_{2n}q_n. \end{aligned} \quad (2.4.8)$$

$$U_n = \alpha_{n1}q_1 + \alpha_{n2}q_2 + \dots + \alpha_{nn}q_n$$

burada α —məftillərin və onların güzgü əkslərinin potensial əmsallarıdır.

$$(2.4.8) \text{ sistemini qısa olaraq, } U_I = \sum_{k=1}^{k=n} \alpha_{ik} q_k \text{ yazmaq olar. } \alpha_{kk} \text{—potensial}$$

əmsalı, k -cı məftilin öz yükü ilə yaratdığı məxasusi potensial əmsalıdır. α_{ik} potensial əmsalları i və k naqilləri arasındakı qarşılıqlı potensial əmsallarıdır, $i \neq k$.

α_{kk}, α_{ik} - əmsalları aşağıdakı formullarla hesablanır:

$$\alpha_{uk} = 0,018 \ln \frac{D_{ik}}{d_{ik}}, [m / pF] \quad (2.4.9)$$

Xətlərin iki aşırım arasında sallanması ilə məftilin yerdən olan h_m — asılma hündürlüyündən az olan orta məsafə hesablanır və (2.4.9) —də nəzərə alınır: $h_{or} = h_m - \frac{2}{3}f$, burada f —məftilin sallanma oxudur. (2.4.8) sistem tənliklərini yüklərə görə həll edərək aşağıdakı cəmi yazmaq olar:

$$q_i = \sum_{k=1}^{k=n} \beta_{ik} U_k \quad (2.4.10)$$

β -əmsalları məftillər sisteminin tutum əmsallarıdır. Ümumi halda, verilmiş n məftilli sistem üçün α əmsallarından β -lar aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\beta_{uk} = \frac{(-1)^{i+k} M_{ik}}{\Delta} \quad (2.4.11)$$

burada Δ - (2.4.8) tənliklər sisteminin baş matrisasıdır.

Neytralı izolə edilmiş şəbəkələrdə (6-35 kV) xüsusi sızma yolunun boyu artırılır. Bunun səbəbi, həmin xətlərin birfazlı qısa qapanma rejimlərində açılmamasıdır. Digər iki sağlam fazada gərginliklər isə, xətti gərginliyə çatır. Təzyiqin düşməsi ilə çirklənmiş izolyatorların nəmli halda boşalma gərginliyi azaldığından 110-750 kV-luq hava xətlərində yüksəkliklərdən asılı (1-2 km, 2-3 km və 3-4 km-ə uyğun) olaraq xüsusi effektiv sızma yolunun boyu 5, 10 və 15% artırılır.

M_{ik} —baş matrisadan, i —sətir və k —sütunu çıxarıldıqdan sonra alınan minorudur.

Hesabatlar üçün ikiməftilli sabit cərəyan xətləri və üçməftilli dəyişən cərəyan elektrik veriliş xətlərini götürək. İki məftilli xətt üçün hesabat ifadəsi:

$$\begin{aligned} U_1 &= \alpha_{11}q_1 + \alpha_{12}q_2 \\ U_2 &= \alpha_{21}q_1 + \alpha_{22}q_2 \end{aligned} \quad (2.4.12)$$

(2.4.12) tənliyindən q_1 və q_2 yüklərini aşağıdakı kimi təyin edirlər:

$$\begin{aligned} q_1 &= \beta_{11}U_1 + \beta_{12}U_2 \\ q_2 &= \beta_{21}U_1 + \beta_{22}U_2 \end{aligned} \quad (2.4.13)$$

burada $\beta_{11} = \frac{\alpha_{22}}{\Delta}$, $\beta_{22} = \frac{\alpha_{11}}{\Delta}$, $\beta_{12} = \beta_{21} = -\frac{\alpha_{12}}{\Delta}$; $\Delta = \alpha_{11}\alpha_{22} - \alpha_{12}^2$

İkiqütblü sabit cərəyan veriliş xətlərində $U_1 = -U_2$ olduğu üçün (2.4.12) tənliyindən aşağıdakı ifadəni almaq olar:

$$\begin{aligned} q_1 &= (\beta_{11} - \beta_{12}) * U_1 = C_1 U_1 \\ q_2 &= (\beta_{22} - \beta_{12}) * U_2 = C_2 U_2 \end{aligned} \quad (2.4.14)$$

q_1 və q_2 yüklərini U_1 və U_2 qütblərinin gərginlikləri ilə əlaqələndirən C_1 və C_2 tutumları 1 və 2 naqillərin işçi tutumları adlanırlar.

$$C_1 = \frac{q_1}{U_1} = \beta_{11} - \beta_{12}, \quad C_2 = \frac{q_2}{U_2} = \beta_{22} - \beta_{12} \quad (2.4.15)$$

Üçfazlı xətlərdə, β və α əmsalları aşağıdakı ifadələrlə yazılır:

$$\begin{aligned} \beta_{11} &= \frac{\alpha_{22}\alpha_{33} - (\alpha_{23})^2}{\Delta}; & \beta_{12} = \beta_{21} &= \frac{\alpha_{23}\alpha_{31} - \alpha_{12}\alpha_{33}}{\Delta} \\ \beta_{22} &= \frac{\alpha_{11}\alpha_{33} - (\alpha_{13})^2}{\Delta}; & \beta_{23} = \beta_{32} &= \frac{\alpha_{31}\alpha_{12} - \alpha_{23}\alpha_{11}}{\Delta} \\ \beta_{33} &= \frac{\alpha_{11}\alpha_{22} - (\alpha_{12})^2}{\Delta}; & \beta_{13} = \beta_{31} &= \frac{\alpha_{12}\alpha_{23} - \alpha_{31}\alpha_{22}}{\Delta} \end{aligned} \quad (2.4.16)$$

Burada $\Delta = \alpha_{11}\alpha_{22}\alpha_{33} - \alpha_{11} \cdot (\alpha_{23})^2 - \alpha_{22}(\alpha_{31})^2 - \alpha_{33} \cdot (\alpha_{12})^2 + 2\alpha_{12} \cdot \alpha_{23} \cdot \alpha_{31}$

Üçfazlı şəbəkələrdə faz gərginlikləri kompleks şəkildə verilsə, yük və gərginliklərin amplitudları aşağıdakı tənliklər sistemilə yazılır. Simmetrik üçfazlı rejimlərdə U_1, U_2, U_3 gərginliklərin kompleks amplitudaları üç vektorun simmetrik cəmindən təşkil olunur:

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= \beta_{11}U_1 + \beta_{12}U_2 + \beta_{13}U_3 \\ q_2 &= \beta_{21}U_1 + \beta_{22}U_2 + \beta_{23}U_3 \\ q_3 &= \beta_{31}U_1 + \beta_{32}U_2 + \beta_{33}U_3 \end{aligned} \right\} \quad (2.4.17)$$

Zamanın elə bir t anını seçmək olar ki, gərginliklərin həqiqi oxları eyni olsun və onlar hər hansı bir gərginlik vektoru ilə (məsələn U_1 -lə) üst-üstə düşsün. Bu halda birinci fazada gərginlik U_1 maksimum olub U -ya bərabər, 2 və 3 -cü fazlarda isə, $-0,5 U$ -ya bərabər olacaqdır. Onda bu ifadələri (2.4.17) tənliklər sistemində nəzərə alıb q_1, q_2, q_3 və C_1, C_2, C_3 tutumları hesablanır:

$$\begin{aligned} q_1 &= \left[\beta_{11} - \frac{1}{2}(\beta_{12} + \beta_{13}) \right] \cdot U = C_1 \cdot U \\ q_2 &= \left[\beta_{22} - \frac{1}{2}(\beta_{21} + \beta_{23}) \right] \cdot U = C_2 \cdot U \\ q_3 &= \left[\beta_{33} - \frac{1}{2}(\beta_{31} + \beta_{32}) \right] \cdot U = C_3 \cdot U \end{aligned} \quad (2.4.18)$$

Məftillərin yükləri və gərginlikləri aşağıda ifadə edilir:

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{q_1}{U} = \beta_{11} - \frac{1}{2}(\beta_{12} + \beta_{13}) \\ C_2 &= \frac{q_2}{U} = \beta_{22} - \frac{1}{2}(\beta_{21} + \beta_{23}) \\ C_3 &= \frac{q_3}{U} = \beta_{33} - \frac{1}{2}(\beta_{31} + \beta_{32}) \end{aligned} \right\} \quad (2.4.19)$$

2.5.1. Qaz tərkibli izolyasiyalar

Yüksək gərginlikli konstruksiyalarda qaz izolyasiyasının tətbiqi bir çox üstünlüklərə malikdir. Qazların müsbət xassələri, yüksək elektrik möhkəmliyi, yaxşı qövssöndürmə qabiliyyətləri vardır. O cümlədən konstruksiyanın yüngül olması, yanğına qarşı davamlılıq, açılan və qapanan kontaktlara qarşı az müqavimətli olması, mexaniki və sürtünmə qüvvələrinin az olması və s. kimi üstünlükləri saymaq olar. İzolyasiya qazlarından ən çox tətbiq ediləni karbon ikioksid CO, azot-N₂ və eleqazdır SF₆. Aşağıdakı cədvəldə bəzi qazların fiziki parametrləri göstərilmişdir. Onlardan ən çox üstünlüyə malik olan eleqazdır. Eleqaz digər qazlardan daha yüksək elektrik möhkəmliyinə malikdir. SF₆ qazında kükürd molekulalarının 6 valenlik elektronları florla rəbitəyə girir və elektromənfilik xassəsi qazanır. Molekulyar forması hər küncdə F ionu duran altıküncü quruluş təşkil edir və F-un 6 isitqamətdə kovalent rəbitəsi ilə yaranır. Birləşmə böyük stabilliyə malikdir. SF₆ alıxmayan qazdır, yaxşı qövssöndürmə xassəsinə malikdir. H₂, O₂, Cl₂ qazları ona heç bir təsir göstərmirlər. Eleqaz maddəsi ilk dəfə elektroliz ilə 1900-cu ildə Paris “Fakulte de Pharmaciye” də laboratoriyasında alınmışdır. Alınması sadə elektrolitik üsulla olur, şəkl.2.5.1.

Cədvəl 2.5.1

Qazların elektrik-fiziki parametrləri	Azot N ₂	Karbon ikioksid CO	Eleqaz SF ₆
<i>Molekulyar kütləsi</i>	28,013	44,011	146,95
<i>0⁰ C və 0,1 MPa təzyiqdə qazın sıxlığı kq/m³</i>	1,250	1,980	6,390
<i>0,1MPa təzyiqdə qaynama temperaturu, K</i>	77,4	194,7	318,7
<i>0,1 MPa təzyiqdə və 273 K temperaturda qazın isitlik tutumu, kC/(kq·K)</i>	1,06	0,82	0,625
<i>0,1 MPa təzyiqdə və 273 K temperaturda qazın isitlik</i>	0,024	0,015	0,0127

<i>keçirmə, Vt/(m·K)</i> <i>Havaya nəzərən elektrik</i> <i>möhkəmliyi</i>	1,0	0,9	2,6
---	-----	-----	-----

Fransız alimləri Myasson və Lebo icad etmişlər. Flor krekinq qurğusunda kükürlə birbaşa birləşmə reaksiyasına girərək SF₆-ya çevirilir. Alınan qaz güclü ekzotermik teaksiya şəraitində dayanıqlı quruluşa malik olur.

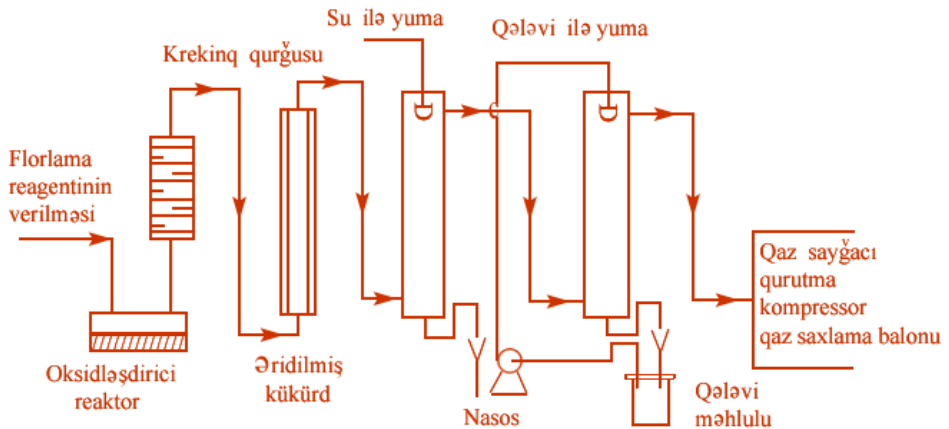


1937-ci ildə ilk dəfə sənaye miqyasında “Ceneral Elektrik” də tətbiq edilməyə başlamışdır.

Alınan müsbət nəticələr bu qazın izolyasiya mühiti kimi isitfədəsinə əsas olmuşdur. 1939-cu ildə Tomson və Xyuston SF₆-nın kabel və kondensatorlarda izolyasiya kimi istifadə edilməsini kəşf etdilər. .

İkinci dünya müharibəsindən sonra transformatorlarda, yüksək gərginlik açarları, qapalı kontaktorlar və s. kimi cihaz və qurğularda tətbiqi davam etdirilmişdir.

Azot və karbon ikioksid elektrik möhkəmliklərinə görə havadan yüksək olmasalar da, kimyəvi inert qazlar olduğu üçün üstünlüklərə malikdirlər. Həmin qazların içərisində yerləşən izolyasiyanın istilik köhnəlmə sürəti azalır. Onlar da eleqaz kimi yanğına qarşı davamlıdırlar. Eleqaz suda həll olmur. Bir sıra hallarda izolyasiyada təmiz eleqaz deyil onun azotla qarışığı istifadə edilir. Azot eleqazdan daha ucuzdur.



Şək.2.5.1 Birləşmə reaksiyası ilə SF₆ qazının istehsal sxemi

Hermetik qapalı eleqazlı qurğuların cərəyankeçirici elementlərinin, gövdənin içərisində bərkidilməsi üçün tökmə epoksid izolyasiyadan olan dayaq izolyatorları istifadə edilir. Bu qaz mühitində materiallarda epoksid və epoksi-dian qətranlarından istifadə edilir.

Eleqaz izolyasiyasının tətbiq edildiyi əsas sahələr, 110 kV və daha yüksək gərginlikli qapalı paylayıcı quruluşlar, bütün yüksək gərginliklərdə (6-330 kV) eleqaz izolyasiyalı açarlardır. Açarlının qövssöndürmə kameralarında qısa müddətdə temperatur 15000°C çatdıqda eleqaz parçalanır. Parçalanma məhsulları–kontakt materiallarında olan volfram, mis, nikel, O_2 və H_2 molekulları ilə birləşmədə olduğundan açılan kontaktlarda yaranan qövs bu birləşməyə təsir edir; SF_6 -nın tərkibində az miqdarda hava, CF_4 və su buxarları olduğundan yaranan təsir; karbohidrogen, silisium ikioksid tərkibli kompozit plastmasslarına qövsün zərərli təsiri; -açarın konstruksiyasının digər metal və qeyrimetal mühitə təsiri. Deyilənlər, parçalanma məhsullarında F və S başqa C , Cu , O_2 , H_2 , volfram, mis olduğunu göstərir.

2.5.2. Yüksək təzyiqlərdə eleqaz aralığının boşalma gərginliyi

Qazın təzyiqinin artırılması, onların elektrik möhkəmliyinin artırılması yollarından biridir. Təzyiqin kifayət qədər böyük qiymətlərində, bir çox qazların elektrik möhkəmlilikləri transformator yağlarının və elektrotexniki farforun elektrik möhkəmliyindən yüksək olur. Eleqaz SF_6 üçün təzyiqin bu qiyməti 0,2 MPa-dır. Eleqazın boşalma xarakteri havaya nisbətən daha yüksəkdir. Cədvəl 8.1-də bir sıra belə qazların xarakteristikaları verilmişdir. Onlardan ən çox tətbiq ediləni SF_6 qazıdır. Müsbət xassələrilə yanaşı, yüksək təzyiqlərdə eleqaz aşağı mayeləşmə temperaturuna malikdir. Onlar parçalanan kiçik tərkibli məhsullara ayrılır. Bu məhsullar toksikdir, hətta bərk izolyasiya materiallarına zərərli təsirlər göstərilir.

Eleqazda boşalma gərginlikləri üçün oxşarlıq qanununun ödəndiyi bir təzyiq oblastı vardır. Eyni zamanda bu qanunun pozulduğu təzyiqlər də vardır.

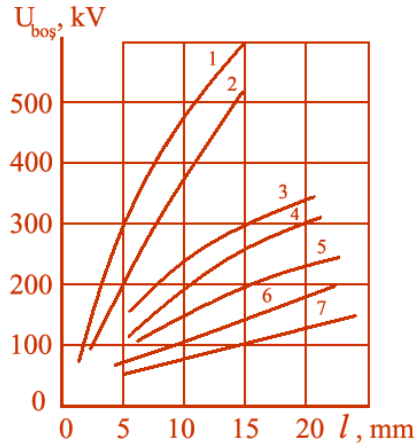
Şək.2.5.2 də eleqaz üçün müxtəlif təzyiqlər üçün hava, eleqaz, transformator yağı və vakuumda boşalma gərginliklərinin məsafə asılılıqları verilmişdir. Oxaşarlıq qanununun ödəndiyi birinci oblastda elektrodların sərhində ESG –nin təzyiqdən asılılığı kritik qiymətə çatdıqda boşalma başlayır:

$$E_0 = E^*_0 \cdot p \left[1 + \frac{a}{(pr_0)^m} \right] \quad (2.5.1)$$

Burada E^*_0 –bircinsli elektrik sahəsindəki boşalmada, qazın uyğun təzyiqinə gətirilmiş elektrik sahə gərginliyidir, eleqaz üçün $E^*_0=89\text{MV}/(m\cdot\text{Pa})$ olur, a və m elektrodların forması və qazın növündən asılı olan əmsaldır; r_0 –elektrodun əyrilik radiusudur, m -lə; p – qazın təzyiqidir. Birinci oblastda başlanğıc gərginlik aşağıdakı kimi hesablanır:

$$U_0=E_0\cdot l/k_{qb} \quad (2.5.2)$$

burada l -elektrodlar arası məsafə, m; k_{qb} -elektrik sahəsinin qeyribircinslilik dərəcəsidir.



Şək.2.5.2.boşalma gərginliyinin elektrodlar arası məsafədən asılılığı 1,7-hava; 2,6-SF₆, 3-vakuum, 4-transformator yağı, 5-farfor. Qazın təzyiqi: 1-2,8 MPa; 2-0,7 MPa; 6,7-0,1MPa arasında dəyişir.

Elektrik sahəsinin müəyyən qiymətində boşalma prosesi I oblastdan II oblasta keçir. ESG-in bu qiyməti “aktiv zonanın” ölçüsündən asılı olaraq dəyişir. Qeyribircinsli elektrik sahəsində aktiv zona, elektrod yaxınlığında sahə gərginliyinin maksimal ESG-nin 80%-nə bərabər olan məsafələrində yerləşir.

Oxşarlıq qanunundan kənarlaşmanın əsas səbəbi, elektrodlar arasında keçirici hissələrin olmasıdır. Elektrodların mikroçixıntıları olan yerlərində katodun səthindən elektronların emissiyası artır. Oksid pərdəsi, elektrod maddəsinin absorbsiya tozu və buxarlanma intensivliyi də boşalmanın II oblasta keçidini sürətləndirir.

Bircinsli və zəif qeyribircinsli elektrik sahələrində boşalma və başlanğıc gərginliklərin təzyiqdən asılılıqları praktiki olaraq eynidir. Burada oxşarlıq qanunun ödəndiyi I oblastda aralığın boşalma gərginliyi üçün:

$$U_{bos} = Apl + B\sqrt{pl} \quad \text{yazılır.} \quad (2.5.3)$$

Eleqaz üçün $A = 78,5 \text{ V/(mPa)}$, $B = 6,5 \text{ B/(mPa)}^{0,5}$ olur.

Elektrodlararası məsafəni sabit saxlayıb, təzyiqi artırıqda boşalma gərginlikləri mütənasib olaraq artacaqdır. Bu artım ESG-in 150 kV/sm orta qiymətinə qədər davam edir. Bundan sonra Paşen qanunundan kənarlaşma olur və ilk boşalmalar (2.5.3)-də hesablanan gərginlikdən daha aşağı qiymətlərdə baş verir. Lakin deşilmə zamanı cərəyanın kiçik olması, aparılan çoxlu sayda təcrübələrdə getdikcə qiymətlərin boşalma gərginliyinin (2.5.3) formulasında alınan qiymətlərinə yaxınlaşmasına səbəb olur.

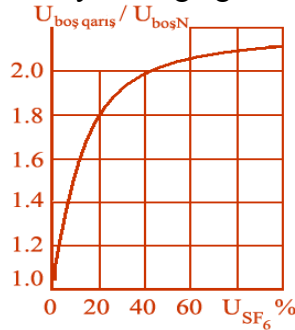
Oxşarlıq qanununun ödəndiyi, nisbətən aşağı təzyiqlərdə, elektrodların səthinin hamarlanması və cilalanması qaz aralığının boşalma gərginliyinə təsir

etmir. Yüksək təzyiqlərdə isə, oxşarlıq qanununun pozulduğu qaz aralığında boşalmadan əvvəl elektrodların səthinin cilalanması boşalma gərginliyini artırır. Qaz aralığının boşalma gərginliyi elektrodların materialının sıxlığı artdıqca artır. Boşalma gərginliklərini artırmasına görə elektrod materiallarını aşağıdakı sıra ilə düzmək olar:- Nikel-kömür, alüminium və onun ərintiləri, sink, gümüş, latun, paslanmaz polad.

Yüksək təzyiqlərdə elektrodların üzərinə çəkilmiş dielektrik örtük aralığın boşalma gərginliyini artırır. Qalınlığı 25-250 mkm olan örtüklər daha effektivdir. Örtüyün xüsusi müqaviməti nə qədər çox, dielektrik nüfuzluluğu isə kiçik olarsa, boşalma gərginliyi daha çox artar.

Örtüyün uzunömürlülüyü, davamlılığı və möhkəmliyi onun materiala yapışma dərəcəsinin artması ilə artır. Örtük çəkilmiş elektrodların səthinin qeyrihamarlığı ilk boşalma gərginliyinə təsir etməsə də, boşalma gərginliyinin qərarlaşma sürətinə təsir edir. Aşağı təzyiqlərdə ($p \leq 0,6 \text{ MPa}$), elektrodlar arasında məsafə 5 sm-ə qədər olduqda, boşalma gərginliyinə səthinə örtük çəkilmiş elektrodun qütblüyü də təsir edir.

Eleqaza az miqdarda azot qatılması aralığın boşalma gərginliyini, azotun boşalma gərginliyinə nisbətən xeyli artırır. Şək.2.5.3 –də N_2 və SF_6 qazlarının qarışığının, azotun boşalma gərginliyinə olan nisbəti tərkibdə olan SF_6 -nın % -indən asılılığı verilmişdir. Şək.2.5.3-dən görüldüyü kimi qarışıqda SF_6 -nın faizi 40 %-ə qədər artdıqca boşalma gərginliyi xətti qanunla artır. SF_6 -ın sonrakı artımları boşalma gərginliyini az dəyişdirir. Alınmış nəticələr eleqaz izolyasiyalı konstruksiyalarda və yüksək gərginlik açarlarında istifadə edilir.



Şək.2.5.3. H_2 qazında eleqazın nisbətindən asılı olaraq qarışığın boşalma gərginliyinin azotun boşalma gərginliyinə nisbətən dəyişmə əyrisi

2.5.3. Qaz izolyasiyası qeyribircinsli elektrik sahəsində

Kəskin qeyribircinsliliyi olan elektrik sahələrində, boşalma gərginlikləri qazın təzyiqindən mürəkkəb asılılığa malik olur şək. 2.5.4. Nisbətən aşağı təzyiqlərdə ($p=0,1 \div 0,4 \text{ MPa}$), boşalma gərginliyi başlanğıc gərginlikdən böyük olur. Təzyiq artdıqca boşalma gərginliyi başlanğıc

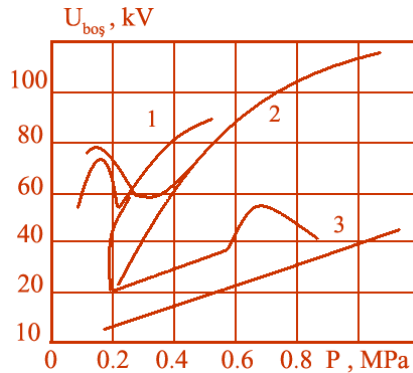
gərginliyə yaxınlaşır. Təzyiqin belə qiymətlərində həmin gərginlik boşalmanın müstəqillik şərtini ödəyir Sadə halda bu şərt aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$N_e^* = \gamma \cdot N_{sel} \geq 1 \quad (2.5.4)$$

burada N_e^* –ikinci elektronların sayı, γ -ikinci ionlaşma əmsalı, N_{sel} –lavinada elektronların sayıdır. Məlumdur ki, boşalma iti uclu və müsbət yüklənmiş elektrodlardan inkişaf etdikdə, ikinci elektronlar qaz həcmində fotoionlaşma hesabına daha çox artırlar.

Kritik qiymətlərdən aşağı təzyiqlərdə elektron lavinasında olan və boşalmanın müstəqilliyini ödəyən elektronların sayı çox olmur. Bu halda elektron lavinasının hesabına yaranan müsbət yüklər də elektrik sahəsini təhrif etmir. Ona görə, ikinci lavinalar iti uclu elektroda tərəf hərəkət edərək, orada taclanmaya səbəb olurlar. Həmin ətrafda yaranan taclanma nəticəsində müsbət həcmi yüklər toplaşır. Onlar iti uc yaxınlığında elektrik sahəsini zəiflədərək, qalan aralıqda onun güclənməsinə səbəb olur. Tətbiq edilən gərginlik artırıldıqda, lavinada elektronlar 10^8 -ə qədər çoxalaraq, həcmi yüklərin hesabına ESG-nin xarici sahə gərginliyinə bərabər olmasını təmin edirlər. bu halda meydana çıxan ikinci elektron lavinası birinci lavinanın həcmi yüklərinin istiqamətində hərəkət edirlər. Nəticədə boşalma strimer xarakterinə keçir. Bu hadisə nisbətən qısa aralıqlarda da deşilmə yarada bilər.

Təzyiq artdıqca boşalmanın müstəqilliyini təmin edən elektronların sayı artır. Kritik təzyiqdə isə lavinanın strimerə keçməsi mümkün olur. Lavinaların uzunluğu və elektronların sayı təsadüfi xarakterli olduğundan, boşalmanın bir formasından digərinə keçid, qazın təzyiqinin müəyyən dəyişmə intervalında baş verir. Bu zaman boşalma gərginliklərinin variasiya əmsalı 0,05-dən 0,10-0,15-ə qədər artır. Eleqaza elektronun yapışma əmsalı havadakından daha çox olduğundan eleqaz üçün kritik təzyiq, hava üçün nisbi təzyiqdən az olur, şək.2.5.4.



Şək.2.5.4.İynə-müstəvi elektrodlar arasında boşalma (bütöv xətt) və başlanğıc gərginliklərin (qırıq xətlər) qaz aralığında təzyiqin dəyişməsindən asılılıq ayrıləri 1-freon CCl_2F_2 ; 2- SF_6 ; 3-hava. İynənin ucunun diametri 0,094 sm, müstəvi ilə olan ara məsafəsi $S=1$ sm

Boşalma gərginliyinin təzyiqdən asılılığına, tətbiq olunan gərginliyin forması, müddəti və qütblüyü təsir edir. Başlanğıc gərginlikdən böyük, 2-3 mikrosaniyəlik təsirlərdə həcmi yüklər tam formalaşmadığından, onların yaratdığı elektrik sahəsi qeyri müntəzəm olur. Ona görə, strimerlər və boşalmalar da sabit gərginliyə nisbətən aşağı gərginliklərdə baş verir. Bu səbəblə, mksan-lik impuls gərginliklərdə, boşalma gərginliyinin azalması, sabit gərginliklərdəkinə nisbətən qazın daha aşağı təzyiqlərində yaranır.

Boşalmalar katod yaxınlığından inkişaf etdikdə elektronlar təkcə qazın həcmində fotoionlaşma ilə yox, həm də anod səthinə yaxın məsafələrdəki fotoeffektə artır. Əyriliyi çox olan iti uclu, mənfi elektrod yaxınlığında olan lavina elektrik sahəsinin azalma istiqamətinə yönəlir. Ona görə, eyni ölçülü lavinalar olduqda belə, mənfi elektroddan başalayan boşalmanın başlığında yüklərin konsentrasiyası müsbət elektroddakından az olur. Yüksək təzyiqlərdə katod ucluğunda ESG avtoelektron emmissiyası yaranan qiymətlərə çatır. Bu zaman bir neçə lavina yaranır. Artan yüklər katodu bürüyərək ekranlaşdırır. Ona görə mənfi qütblü, iti uclu elektrodlarda boşalma gərginliyi həmişə başlanğıc gərginlikdən böyük olur.

Aralığın uzunluğu artdıqca, strimerin boyu aralığa nisbətən kiçilir. Bu halda boşalma lider formasına keçir. Strimerin boyu, onun yarandığı nöqtədə gərginliyin qiyməti ilə təyin edilir. İynə-müstəvi elektrod sistemində eleqaz üçün strimer kanalının boyu m -lə, aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$l_{str} = 8,7 \cdot 10^3 U / p, \quad (2.5.5)$$

Burada U —tətbiq edilən gərginlik, V; p —qazın təzyiqi, Pa.

Mənfi qütblü elektrod, böyük uzunluq və $p=0.4$ MPa təzyiqdə strimer zonasında həcmi liderin bir neçə parıltılı mərkəzləri müşahidə edilir. Təzyiq artdıqca mərkəzlər arası məsafələr kiçilir. Normal təzyiqli uzun hava aralıqlarında olduğu kimi, gərginliyin azacıq artması ilə lider pillələri çoxalır. Təzyiq artdıqca, lider sürətlə və fasiləsiz inkişaf edir. Ona görə eleqazda, nisbətən uzun aralıqlarda həm impuls həm də sənaye tezlikli gərginliklərin təsiri ilə yaranan boşalma gərginliyi təxminən bərabər olur. Bu zaman, impuls gərginliklərin təsirindən alınan boşalma gərginliyinin variasiya əmsali az olur və 0,04-0,05 hədlərində dəyişir. Öyrənilən bu təzyiq asılılıqları, şəkl.2.5.4 yüksək gərginlikli eleqazlı qurğu və aparatlarda tətbiq edilir.

2.5.4. Qaz izolyaisyalı hermetik qapalı konstruksiyalar

Son 40 ildə hermetik qapalı paylayıcı qurğular HQPQ geniş tətbiq edilir. Onlarda gərginlik altında olan bütün elementlər qapalı və torpaqlanmış gövdə içərisində yerləşir. Bu işçilərin təhlükəsizliyini artırmaqla yanaşı, paylayıcı qurğu üçün vacib olan qabarit ölçüləri azaldır. İkincisi hermetik paylayıcı qurğu həm binaların zirzəmilərində, həm də xüsusi yeraltı istehkam

və bunkerlərdə yerləşdirilə bilər. Bu şəhər içərisində paylayıcı quruluşların genişləndirilməsinə imkan yaradır. Böyük şəhərlərdə açıq paylayıcı quruluşlar üçün ərazi tapmaq olmur. Üstəlik onlar şəhər arxitekturasını pozaraq, yüksək akustik və radiomaneələr yaradırlar. HQPQ-n, isə qapalı və təsirsiz işi ilə belə qusurları yoxdur. Üçüncüsü, HQPQ bilavasitə atmosfer təsirində olmadığından, onların etibarlılığı ətraf mühitin çirklənməsindən və hava şəraitindən asılı olmur.

Hermetik paylayıcı quruluşlar ayrı-ayrı təkfazlı və ya üçfazlı modul elementləri və hücrələrdən yığılır. 300 kV hermetik paylayıcı quruluşun sxemi şəkl.2.5.5-də verilmişdir. Göründüyü kimi, qapalı qurğu bir neçə funksional modullardan yığılmışdır: 1-girim, 2-torpaqlayıcısı olan ayırıcı, 3- yığma şin birləşdiriciləri, 4-gərginlik transformatoru, 5-cərəyan transformatoru və yükəsk gərginlikli açar hücrəsi. Öz nıvbəsində modullar seksiyalardan və bir neçə şin sistemindən ibarət ola bilər. Modullar qaz dolumu üçün xüsusi armaturlar və təzyiqlə nəzarət cihazları ilə təchiz olunmuşdur. Şəkl.2.5.5-dən göründüyü kimi, quruluş iki şin sistemindən ibarətdir.

Yüksək gərginlikli HQPQ-ı yarımstansiyalara ayrı modul və bloklardan ibarət hissələrlə gətirilir. Cərəyan keçiricilərini gövdəyə bərkidən dayaq izolyatoru, eyni zamanda modul və blokların hermetikləşdiriciləri kimi rol oynayırlar. Hermetik qurğular montaj edildikdən sonra, içindəki qazlar sorulub boşaldılır və yerinə eleqaz doldurulur. Sonra qismi boşalmaların qeydedici cihazları ilə içəridə keçirici və digər sərbəst hissəciklərin olması yoxlanılır.

Sərbəst hissəciklərin HQPQ-dan çıxarılması üçün onlara bir neçə saat sabit və ya sənaye tezlikli sınaq gərginlikəri verilir. Sonra onların impuls sınaqları aparılır. 500-750 kV-lu HQPQ-də isə, zavodda aparılan kommutasiya sınaq gərginliklərinin 0,85 qiymətli gərginliklərilə sınaqları aparılır. Hermetik qurğuları EVHX-ilə birləşdirdikdə müəyyən texniki problemlər yaranır. Bunun üçün xüsusi bahalı girimlər lazım gəlir. Hətta bəzən bu səbəbdən, elektrik verilişlərində hermetikləşmiş paylayıcı qurğular istifadə edilmir. HQPQ-da şinlər, eyni oxlu koaksial sistemlər şəklində hazırlanırlar. Məlumdur ki, belə sistemlərdə boşalma gərginliyi aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$U_{bos} = E_0 r_1 \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (2.5.6)$$

burada E_0 -başlanğıc gərginliyi olub, eleqazda aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$E_0 = E_0^* \cdot m \delta \left(1 + 0.14 \sqrt{\frac{\delta r_1}{r_0}} \right). \text{ Eleqaz üçün } E_0^* = 89 \text{ kV/sm}; m - \text{məftilin}$$

səthinin qeyri hamarlıq dərəcəsidir, δ -qazın nisbi sıxlığı; $r_0 = 1 \text{ sm}$ -dir.

Qazlar qövssöndürücü kimi istifadə edildiyindən, HQPQ-də təmiz SF₆ tərkibli eleqaz işlədilir. Hermetik paylayıcı qurğular bina içərisində və onun xaricində quraşdırıldığı üçün onlarda istifadə edilən aparat və cihazlar -50 °C

temperaturlarda işləyən tiplərdə olur. Belə temperaturlarda isə eleqaz mayeləşir. Məsələn, 0,4 MPa təzyiqdə eleqaz -29°C -də mayeləşir. Ona görə, HQPQ-da eleqazın təzyiqi 0,25 MPa aşağı götürülür. HQPQ daxilində işləyən qövssöndürücü açarın təzyiqi isə 0,6 MPa olur. Eleqazın mayeləşməməsi üçün açarların bakları qızdırılır.

Koaksial sistemlərin optimallığı şərtindən xarici radius sabit olarsa, maksimal boşalma $E_{boşmax}$ gərginliyi silindrin xarici və daxili radiuslarının nisbətindən $e^{-\alpha}$ bərabər olan qiymətində alınır. Ona görə HQPQ-da r_2/r_1 üçün optimal qiymətə yaxın olan $2 \div 4$ arasındakı nisbətlər seçilir.

Məsafə saxlayıcı dayaq izolyatorlarının əsas növləri şək.2.5.6-da göstərilmişdir. Məlumdur ki, izolyatorun səthi üzrə deşilmə gərginliyi, təmiz qaz aralığının deşilmə gərginliyinə nisbətən kiçikdir. Çünki, izolyatorun daxili elektrodla kontakt vəziyyəti, izolyatorun yan səthinə absorbsiya edən metal buxarları və izolyatorun forması onun boşalma gərginliyini azaldır.

Boşalma gərginliyinin artırılması üçün montaj dəqiq aparılmalıdır. HQPQ-də izolyatorun səthində hər hansı nöqtənin ESG-yi elektrodun səthində olan ESG-dən kiçik olarsa, izolyatorun səthi üzrə boşalma yaranmaz. Xarici izolyatorlara verilən formalar qaz izolyasiyası üçün effektiv deyildir. Əvvəla, qapalı qurğular atmosfer təsirinə məruz qalmır, ikincisi mürəkkəb formalı daxili konstruksiyanın ayrı-ayrı yerlərində ESG artaraq, boşalma gərginliklərini azalda bilər.

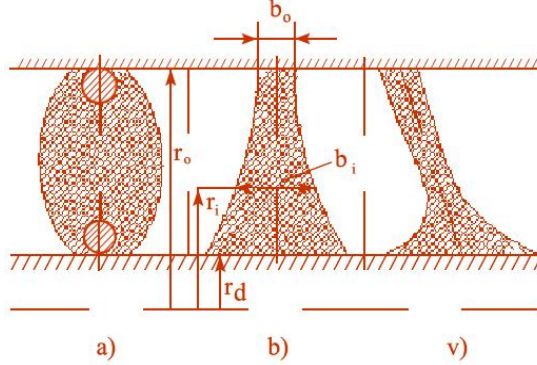
Şək.2.5.6-da göstərilən izolyatorun qalınlığı üzrə ESG-nin artmasına baxmayaraq, ekranlı tökmə epoksid izolyatorların səthi boşalma yaranmır. İzolyator və ekrana mülyyən forma verməklə, hətta $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ həcmi olan ekranlı konstruksiyada boşalma gərginliyi artırılmışdır.

Nisbətən kiçik təzyiqlərdə eleqazın elektrik möhkəmliyi, izolyatorların elektrik möhkəmliyinə yaxınlaşır. ESG-nin azaldılması üçün qeyribircinsliliyin zəiflədilməsi məqsədilə izolyatorların texnologiyası, forma və ölçüləri dəyişdirilir. Bərk izolyasiyanın elektrodun səthinə yaxşı adgeziya (yapışma) olunması üçün elektrodun səthi kimyəvi edilir və həmin səthə nazik izolyasiya qatı çəkilir. Yalnız bundan sonra xüsusi bütöv formada izolyatoru tökürlər. Hazır izolyatorun keyfiyyəti qismi boşalmaların səviyyəsilə müəyyən edilir. Mərkəzdən məsafə saxlayan disk şəkilli izolyatorların, şək.2.5.5 b gövdəsində maksimal ESG-nin mümkün qədər azaldılması izolyatorlara xüsusi forma verməklə həll edilir. Bu zaman izolyatorun qalınlığı HPQ-in xarici gövdəsindən mərkəzə tərəf məsafədə aşağıdakı formulaya uyğun artırılır:

$$b_i = b_0 (r_0 / r_i)^\alpha \quad (2.5.7)$$

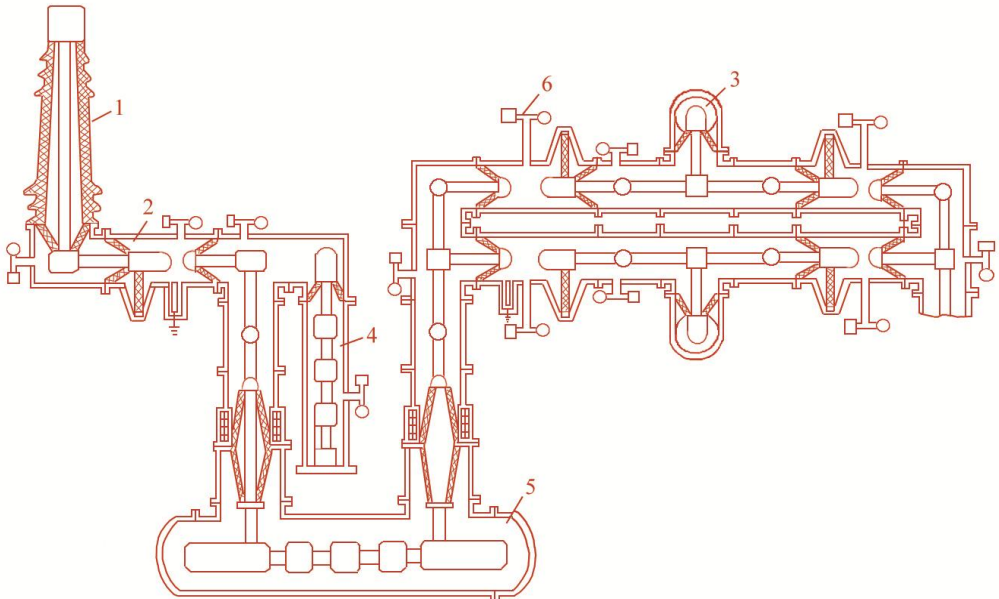
burada b_0 - r_0 radiuslu HPQ qilafı yaxınlığında qəbul edilmiş qalınlıq; r_i – kəsinin b_i qalınlığına uyğun olan radiusudur Diskşəkilli epoksid izolyatorlar, $\epsilon \approx 4\epsilon_0$, koaksial elektrodlar arasında ən kiçik məsafə tutmalıdırlar. Bu zaman, maksimal və orta sahə gərginliklərin nisbətlərinin izolyatorun qalınlığı üzrə

minimal qiyməti- $E_{max}/E_{or}=1,2$ olur. Hesabatlarda (2.5.7) ifadəsinə daxil olan digər parametrlər:- $a=2,5$, $b_0=0,067r_d$ və $r_0/r_d=e$ qiymətlərində götürülür.



Şək.2.5.5.HQPQ-da məsafə saxlayan dayaq izolyatorlarının əsas növləri
a) ekranlı tökmə epoksid kompaund, b, v) qıf şəkilli disk izolyatorlar.

Qıf şəkilli izolyatorlarda şək.2.5.5b, v) boşalma gərginliklərini artırmaq üçün, daxili elektrodun səthi yaxınlığında qalınlıq çoxaldılır. Bu halda qalınlıq, daxili və xarici elektrodlar arasındakı məsafənin 45^0 -lik bucaq isitqamətindəki yarı məsafəsi qədər artırılır. Belə konstruksiyalarda, qıf şəkilli izolyatorun qalınlığına düşən ESG-i, diskşəkilli izolyatoradakı ESG-dən 10% aşağı olur.



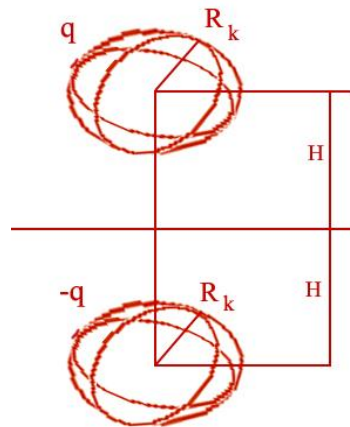
Şək.2.5.6.Hermetik qapalı paylayıcı quruluşun konstruksiya elementləri
1-girim; 2-torpaqlayıcısı olan ayırıcı; 3-birləşdirici yığma şinlər;4-gərginlik transformatoru; 5-açar və cərəayn transformatoru; 6-eleqaz doldurulması və təzyiqə nəzarət qurğusu

3. ELEKTRİK SAHƏSİNİN TƏNZİMLƏNMƏSİ VƏ İDARƏ OLUNMASI

Yüksək gərginliklərin idarə olunması vacibdir. Xüsusilə izolyasiyada ESG-nin normal qiymətlərdə saxlanması etibarlılığı artırır, elektrik şəbəkə qurğu və avadanlıqlarının gərginlik tətbiq edilən nöqtələrində təhlükələri aradan qaldırır. Çünki ESG-nin qiyməti həmin ətrafda buraxıla bilən gərginlikdən kiçik olmalıdır. Əks halda qurğunun normal işi pozulur və verilmiş xidmət müddəti azalır. Elektrik sahəsinin tənzimlənməsi və idarə olunması iki üsulla aparılır:–tutum və aktiv keçiriciliyin dəyişdirilməsi.

3.1.1. Ekranların tərbiqi və hesablatları

110 kV və daha yüksək gərginlikli elektrik avadanlıqlarında nominal gərginliklərdə də taclanma ehtimalları olur. Taclanmalar əsasən yüksək gərginliklərin tətbiq edildiyi nöqtələrə yaxın, izolyasiya ilə metal armaturların toxunan yerlərində və şinlərin birləşdirildiyi yerlərdə baş verir. Çiskinli və nəmli hava şəraitlərində həmin nöqtələrdə nominal gərginliklərdə taclanmalar xeyli intensivləşir. Bu taclanmanın ləğv edilməsi və avadanlığın normal işinin təmin edilməsi lazım gəlir. Ona görə ekranlar istifadə edilir. Ekranlar elektrik sahə gərginliyinin tənzimlənməsinin tutum usuluna aiddir. Onlar quraşdırıldığı yerlərdə tutumun qiymətini artıraraq gərginliyin və elektrik sahə gərginliyinin paylanmasının tənzimlənməsinə səbəb olur. Bu zaman ESG taclanma yarana bilən, qorxulu yerlərdə aşağı düşür. Nəticədə taclanma ləğv edilir. Quraşdırılma qaydasına görə, ekranlar daxilə və xaricə quraşdırılmış növlərə malikdirlər. Konstruksiyalarına, forma və ölçülərinə görə ekranlar müxtəlif olurlar: - a) kürəvi ekranlar, b) toroidal ekranlar, v) tor şəkilli qəfəs ekranlar, q) buynuz şəkilli. Ekranlaşma effekti, ekranların ətrafında yaranan tutumun qiyməti ilə təyin edilir. Ona görə üstün effekt kürəvi ekranlara xasdır şək.3.1.1.



Şək.3.1.1. Kürəvi ekran və onun qüzgü əksi

Şəkilə verilmiş sxemə görə, yer səthindən H məsafəsində asılmış kürənin səthində gərginlik üçün ekranın yükləndiyi müsbət q yükü və onun güzgü əksinin $-q$ yükü ilə hesabları aparılır.

Nöqtəvi $-q$ yükü üçün təsir məsafəsi $2H$ götürülür. Onda ekranın səthində gərginlik aşağıdakı kimi ifadə ediləcəkdir:

$$U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot R_k} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot 2H} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{R_k} - \frac{1}{2H} \right) \quad (3.1.1)$$

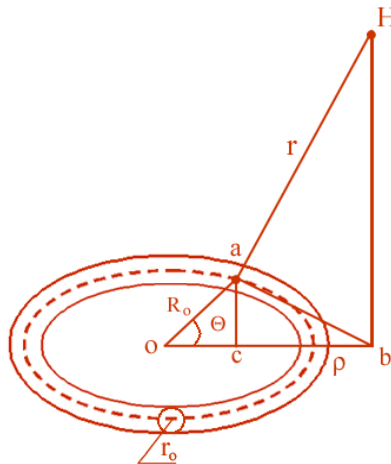
Buradan, $q=U \cdot C_k$ olduğunu bilərək, kürəvi ekranın tutumu üçün aşağıdakı hesabat aparılır:

$$C_k = \frac{4\pi\epsilon_0 \cdot R_k}{\left(1 - \frac{R_k}{2H} \right)} \quad (3.1.2)$$

Kürəvi ekranın yaxın ətrafında yaranan maksimal ESG aşağıdakı kimi hesablanır:

$$E = \frac{U}{R_k(1 - R_k/2H)} \cdot \left[1 + 3 \left(\frac{R_k}{2H} \right)^2 \right] \quad (3.1.3)$$

Kürəvi ekranların hazırlanması mürəkkəb və material sərfi çox olduğundan, onlar az tətbiq edilir. Onların yerinə texniki-iqtisadi, isitsmar və texnoloji cəhətdən daha səmərəli olan toroidal ekranlar istifadə edilir. Toroidal ekran adından məlum olduğu kimi, r_0 radiuslu silindrik formalı keçirici borunun, müəyyən R_0 radiuslu çevrə ətrafında bükülməsindən sadə usulla alınır. Qeyd etmək lazımdır ki, $R_0 \gg r_0$ olur. Toroidal ekranların hesabları şəkl.3.1.2 sxemi ilə aparılır.



Шяк. 3.1.2. Toroidal ekran üçün hesabat sxemi

Toroidal ekran müstəvisindən Z məsafədə olan H nöqtəsində yaranan potensialın hesabına baxaq. Z toroid müstəvisinə perpendikulyar olduğundan, orada çəkilmiş ab və bc xətlərinə də perpendikulyar olacaqdır. Həndəsi qurmadan oab üçbucağının ac hündürlüyü $ac=R_0 \cdot \sin\theta$ və $bc=\rho \cdot R_0 \cdot \cos\theta$ kimi təyin edilir. Onda r üçün aşağıdakı bərabərlik yazıla bilər

$$r = \sqrt{Z^2 + (\rho - R_0 \cdot \cos\theta)^2 + (R_0 \sin\theta)^2} = \sqrt{Z^2 + \rho^2 + R_0^2 - 2R_0 \rho \cdot \cos\theta} \quad (3.1.4)$$

Toroid montaj edildiyi nöqtə fəz gərginliyində olur və bu zaman onun səthinə bərabər şəkildə paylanmış yüklər yığılır. Toroidin səthində çevrə üzrə paylanmış yüklərin H nöqtəsində yaratdığı potensialın hesabı üçün yüklərin xətti sıxlığı: $-dq=\tau \cdot dl$ və $dl=R_0 \cdot d\theta$ -çevrə boyu θ bucağına uyğun dl uzunluğu təyin edilir. Çevrənin həmin uzunluğuna düşən yük payı dq üçün aşağıdakı ifadə yazılır: $dq = q \cdot d\theta / 2 \cdot \pi$. Elementar dq yükünün H nöqtəsində yaratdığı potensial isə, aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$d\varphi = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 \cdot r} = \frac{q \cdot d\theta}{8\pi^2 \epsilon_0 \cdot r} \quad (3.1.5)$$

Onda toroidin bütün çevrəsi üzrə paylanan yüklərin təsiri ilə, H nöqtəsində yaranan potensialın qiyməti, aşağıdakı inteqral ifadə ilə hesablanır:

$$\varphi = \frac{q}{8\pi^2 \epsilon_0} \int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{\sqrt{Z^2 + \rho^2 + R_0^2 - 2\rho \cdot R_0 \cdot \cos\theta}} \quad (3.1.6)$$

$\cos\theta$ – cüt funksiya olduğundan, (3.1.6) inteqralın sərhəddini dəyişib onun iki mislini götürmək olar:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi^2 \epsilon_0} \cdot \int_0^{\pi} \frac{d\theta}{\sqrt{Z^2 + \rho^2 + R_0^2 - 2\rho R_0 \cdot \cos\theta}} \quad (3.1.7)$$

Inteqralın həllini $\beta=(\pi-\theta)/2$ əvəzləməsi ilə yerinə yetirirlər: $\theta=\pi-2\beta$ və ya $d\theta=-2d\beta$, $\cos\theta=\cos 2\beta$ və $\cos 2\beta=2\sin\beta-1$ olar. Bu çevirmələri nəzərə alsaq, potensial ifadəsi üçün inteqral aşağıdakı şəkildə yazılacaqdır:

$$\varphi = - \frac{q}{2\pi^2 \epsilon_0} \cdot \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{\sqrt{Z^2 + \rho^2 + R_0^2 + 2\rho R_0 - 4\rho R_0 \cdot \sin^2 \beta}} \quad (3.1.8)$$

(3.1.8) inteqralının sərhədlərinin dəyişdirilməsi, həm də işarənin dəyişməsinə səbəb olur. Bu aşağıdakı kimi ifadə edilmişdir: $\theta=0$ olduqda $\beta=\pi/2$ və yuxarı sərhəddində $\theta=\pi$ olduqda, $\beta=0$. Beləliklə (3.1.8) inteqralı hesabat üçün əlverişli bir şəkildə gətirilir:

$$\varphi = \frac{q}{2\pi^2 \epsilon_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{Z^2 + (\rho + R_0)^2}} \cdot k(k) \quad (3.1.9)$$

Burada $k(k)$ funksiyası birinci dərəcəli elliptik integral adlanır və aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$k(k) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{\sqrt{1 - k^2 \cdot \sin^2 \beta}} \quad (3.1.10)$$

k əmsalı isə, $k = \sqrt{\frac{4\rho R_0}{Z^2 + (\rho + R_0)^2}}$ kimi təyin edilir.

Z , r_0 və R_0 qiymətlərə görə ekranların hesablarını sadələşdirmək məqsədi ilə müəyyən təqribi funksiyalar qəbul edilir. Məsələn, $Z \gg R_0$ və $Z \gg \rho_0$ olduqda, $k(k)$ üçün aşağıdakı təqribi əvəzləmə qəbul edilir: $k(k) = \ln 4/k'$, burada $k' = 1 - k^2$. Bu halda, $k(k)$ -ni nəzərə aldıqda (3.1.9) ifadəsi aşağıdakı kimi yazılacaqdır:

$$\varphi = \frac{q}{2\pi^2 \varepsilon_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{Z^2 + (\rho + R_0)^2}} \cdot \ln 4 \cdot \sqrt{\frac{Z^2 + (\rho + R_0)^2}{Z^2 + (\rho - R_0)^2}} \quad (3.1.11)$$

Z oxu istiqamətində elektrik sahə gərginliyinin qiyməti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$E = -\frac{d\varphi}{dZ} \quad (3.1.12)$$

(3.1.12) tənliyini həll edərək, təklənmiş toroidal ekranın səthində və yer səviyyəsindən H hündürlüyündə olan toroidal ekranın yaxınlığında yaranan ESG-lərini tapırlar.

Bütün yüksək gərginlik elektrodlarında olduğu kimi, toroidal ekranların yaxınlığında da ESG-yi maksimal qiymətindən başlayaraq məsafə uzaqlaşdıqca onunla tərs mütənəsb azalır. Lakin hesablar göstərir ki, toroidal ekranın mərkəzi Z - oxu boyu hər iki istiqamətdə xarakterik maksimal ESG-yi alınır. Toroidin X - Y oxu üzrə olan simmetriya müstəvisindən hər iki istiqamətdə $R_0/\sqrt{2}$ nöqtələrindəki həmin maksimal ESG-i R_0 -la tərs mütənəsb olur:

$$E_{mak} = \frac{0,385 \cdot q}{4\pi\varepsilon_0 \cdot R_0^2} = \frac{1,21U \cdot \left(1 + \frac{r_0}{2R_0}\right)}{R_0 \cdot \ln \left[\frac{8R_0}{r_0} \left(1 + \frac{r_0}{2R_0}\right) \right]} \quad (3.1.13)$$

Bu nöqtələrdə yaranan maksimal ESG-i istiqamətcə biri-birinin əksinə yönəlir. Toroidin simmetriya mərkəzində isə, ESG-i sıfır olur. Beləliklə, simmetriya

mərkəzindən $\pm \frac{R_0}{\sqrt{2}}$ məsafəsində ESG-nin qiymətləri ΔE_z qədər dəyişir:

$$\Delta E_z = \frac{0,770 \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \cdot R_0^2} \quad (3.1.14)$$

Bu nəticə toroidal ekranların montajı zamanı nəzərə alınmalıdır. Məsələn toroidal ekranın yüksək gərginlik açarlarının kürəvi gövdəsi (baki) altında montajı zamanı gövdə ilə toroid arasındakı məsafə $R_0/\sqrt{2}$ -a bərabər olarsa bakin yaxınlığında elektrik sahəsinin paylanması xeyli dərəcədə bərabərləşir. Bu halda, açarın gövdəsi yaxınlığında ESG-nin artması, toroidin yaxınlığında azalan ESG ilə kompensasiya olunur. Nəticədə açarın gövdəsi üzrə ESG-nin kəskin artımı xeyli məhdudlaşır.

Toroidal ekranlar bir neçə toroidin kombinasiyası şəkilində istifadə ediləndə, taclanmanın başlanğıc gərginliyini azaltmaq mümkündür. Bu zaman toroidlərin bərabərləşdirici təsir zonası da genişlənmiş olur.

$U_{baş}$ əsasən iki parametrlə, ekranın toroid çevrəsinin R_0 radiusunun ekran borusunun r_0 radiusuna olan nisbəti (R_0/r_0) ilə təyin edilir. Yer səthinə olan H məsafəsi və R_0/H nisbəti taclanmanın başlanğıc gərginliyinə təsir etmir.

Yer səthindən H məsafəsində montaj edilmiş toroidin səth taclanması üçün başlanğıc gərginlik aşağıdakı kimi hesablanır [21]:

$$U_{bas} = \frac{E_{bas} r_0 \left(1 + \frac{r_0}{2R_0}\right) \cdot \left[\ln \frac{8R_0}{r_0} \left(1 + \frac{r_0}{2R_0}\right) - \frac{\pi R_0}{2H} \right]}{1 + \frac{r_0}{2R_0} \ln \frac{8R_0}{r_0} \left(1 + \frac{r_0}{2R_0}\right)} \quad (3.1.15)$$

$$\text{burada} \quad E_{bas} = 16,8m_{qh} \delta \left[1 + \frac{a_h}{(\delta r_0)^{0,38}} \right] \quad (3.1.16)$$

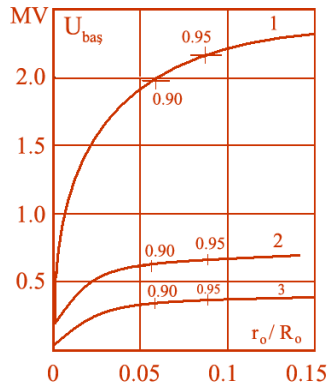
havada taclanma sahə gərginliyinin başlanğıc təsiredici qiyməti, m_{qh} –ekranın səthinin qeyri hamarlıq dərəcəsi, δ -havanın nisbi sıxlığı, r_0 –ekranın borusunun əyrilik radiusu, a_h –elektrodun konfigurasiyasından asılı olan əmsaldır:- silindrik elektrod üçün 0,62, kürəvi elektrod üçün 0,76 qiymətlər alır.

Borunun r_0 radiusunun artması, R_0/r_0 nisbətini azaltsa da, r_0 -ın bu artımı başlanğıc gərginliyin mütənasib olaraq artımına səbəb olur. Ona görə, yüksək gərginlik aparatları üçün ekranların layihələndirilməsində R_0/r_0 nisbətinin optimal variantının həlli axtarılır. Bu zaman optimallaşma kriteriyası kimi, ekranın səthinin minimal qiymətində, $U_{baş}$ başlanğıc gərginlik şərtinin ödənməsi lazımdır. Çünki, toroidin radiusu və səth sahəsi böyüdükcə, külək və buzlaşma təsirləri sütun üçün əlavə qorxulu mexaniki yüklər yaradırlar. Bu kriteriya ekranın verilmiş səth sahəsi üçün, başlanğıc maksimal gərginlik kimi təyin edilir. Ona görə (3.1.15) formulasında ekranın səthini $S_s = 4\pi^2 \cdot r_0 \cdot R_0$ və

toroid çevrəsinin radiusunu $R_0=S_s/(4\pi^2\cdot r_0)$ ilə əvəz etdikdə, aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$U_{bas} = \frac{E_{bas}r_0\left(1 + \frac{2\pi^2r_0^2}{S_s}\right) \cdot \left[\ln \frac{2S_s}{\pi^2r^2} \left(1 + \frac{2\pi^2r_0^2}{S_s}\right) - \frac{S_s}{8\pi r_0H} \right]}{1 + \frac{2\pi^2r_0^2}{S_s} \ln \frac{2S_s}{\pi^2r_0^2} \left(1 + \frac{2\pi^2r_0^2}{S_s}\right)} \quad (3.1.17)$$

burada $U_{baş}$ yalnız bir dəyişənin r_0 -in funksiyasıdır. Bu halda verilmiş səthdə $R_0/r_0 = S_s/(4\pi^2\cdot r_0^2)$ olur. (3.1.17) formulası və R_0/r_0 -in ifadəsilə aparılmış hesabatlardan $U_{bau}=f(r_0/R_0)$ asılılığına aid funksional əyrilər qurulmuşdur. Hesabatlarda toroid səthinin qeyri hamarlıq dərəcəsi $m_{qh}=0,9$ götürülmüş və yerin təsiri nəzərdən atılmışdır. Göründüyü kimi bütün hallarda $U_{baş}$, r_0/R_0 nisbətinin son həddinə qədər artır. Radiusların $R_0/r_0 \geq 7$ -ə uyğun nisbətinin son həddi (3.1.14) tənliyinin ödəndiyi oblastdır. Ona görə verilmiş $U_{baş}$ və toroidin minimal səthi üçün, R_0/r_0 nisbətinin də minimal qiyməti alınmış olur.



Şək.3.1.3. Taclanmanın başlanğıc gərginliyinin toroidal ekranın verilmiş S_s səthi və r_0/R_0 nisbətindən asılılıq əyriləri: -1-əyrisi $S_s=4\pi^2 m^2$, 2-əyrisi $S_s=4\pi^2 \cdot 0,1m^2$ və 3-əyrisi $S_s=4\pi^2 \cdot 0,01m^2$

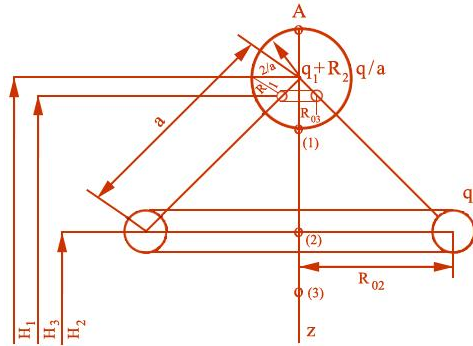
Kiçik R_0/r_0 nisbətində, toroidin hazırlanmasında olan texnoloji problem səbəbi ilə $R_0/r_0=7$ optimal variant kimi qəbul edilir. $r_0/R_0 \approx 0,15$ nisbətində $U_{baş}=f(r_0/R_0)$ funksiyasının səlis dəyişməsi həmin zonada başlanğıc gərginliyin qiymətinə az təsir edir. By r_0/R_0 үçүң bir neçə optimal qiymətlər (oblastın) alınmasına səbəb olur. Məsələn, taclanmanın başlanğıc gərginliyini optimaldan 5% az götürsək, r_0/R_0 nisbəti 0,1-ə qədər azalar, və ya R_0/r_0 nisbəti 10-a qədər artar. $R_0/r_0=15$ olduqda isə, $U_{baş}$ maksimaldan 10 % aşağı olur. R_0/r_0 nisbətinin 15-dən böyük qiymətlərində $U_{baş}$ kəskin olaraq azalır. Ona görə bu nisbət üçün 15-dən böyük qiymətlərin olması məqsədə uyğun deyildir.

Toroid borusunun böyük radiusu və yer sətnidən məsafəsi düzgün seçilmədikdə boşalma gərginliyinin qiyməti azalır. Ona görə 330-750 kV-lu, yüksək nominal gərginliklərdə işlədilən ekranların hesabatları fərqli olur.

3.1.2. İzolyasiya boyu ESG-nin paylanması iki və daha çox ekranla bərabərləşdirilməsi

Yüksək gərginliklərin aparatların girişinə və elektrik avadanlıqlarına tətbiq edildiyi nöqtələrində və birləşdirici qovşaqlarda sahə gərginliyi tənzimlənməlidir. Əks halda, onların normal işini təmin etmək bir çox problemlərə yo açır. Xüsusilə, müasir aparatlarda istifadə edilən üzvi tərkibli izolyasiya gövdələri üçün, həmin birləşmə yerlərində yaranan taclanmalar çox təhlükəli olur. Ona görə, aparat izolyasiyasının layihələndirilməsi zamanı, izolyasiyanın hündürlüyü boyu elektrik sahə gərginliyinin paylanması analiz edilməlidir. Bu araşdırmaların məqsədi, ekranların minimal səth sahəsi üçün, polimer izolyasiyanın etibarlı işinin təmin edilməsi və əsas texniki tələblərin ödənməsidir. Əvvəlcə göstəriləyi kimi, toroidal ekranlar simmetriya oxu boyu elektrik sahə gərginliyinin paylanmasını bərabərləşdirən zonaya malikdir. Xüsusi hallarda izolyasiyanın hündürlüyü boyu ESG-nin tənzimlənməsi üçün iki və çoxsaylı ekranlar sistemindən istifadə edilir. Yüksək gərginlikli kürəvi elektrodun ətrafında ESG-n toroidal ekranla bərabərləşdirilməsi daha effektiv olur, şəkl.3.1.4.

Toroid olmadıqda, kürənin səthindən uzaqlaşdıqca ESG sürətlə azalır. Ona görə (3.1.5) formulasını istifadə edərək aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:



Şəkl.3.1.4. Yüksək gərginlikli elektrod və toroidal ekranın qarşılıqlı yerləşmə sxemi. Bir ədəd toroidal ekran olduğu hal

Digər tərəfdən kürə olmadıqda toroidin z koordinatının, $H_1-H_2-\frac{R_0}{\sqrt{2}}$; H_1-

$H_2+\frac{R_0}{\sqrt{2}}$ məsafələr intervalının dəyişmə diapazonunda sahə gərginliyi artır.

Toroidin z oxu boyu elektrik sahə gərginliyinin dəyişməsi aşağıdakı formula ilə təyin edilir:

$$E_z = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{z}{(z^2 + R_{02}^2)^{3/2}} \quad (3.1.18)$$

Digər tərəfdən (3.1.14) formulasına görə, toroidin R_0 – radiusu kiçildikcə, hündürlük boyu sahə gərginliyinin düşküsu artır. Bu z koordinatının göstərilmiş həddlərdə dəyişdirilməsi ilə, elektrik sahə gərginliyinin tənzimlənməsinə imkan verir. Baxılan hal üçün, yüklərin hesabət sxemi, şəkil 3.1.6 –da verilmişdir. Son iki ifadədən, kürə və toroidin oxu boyu və kənarında olan ixtiyari z məsafəsində ESG aşağıdakı kimi hesablanır:

$$E_z = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 z^2} + \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{z - (H_1 - H_2)}{\left[(z - H_1 + H_2)^2 + R_{02}^2 \right]^{3/2}} + \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{R_1}{\sqrt{(H_1 - H_2)^2 + R_{02}^2}} \left\{ \frac{1}{z^2} - \frac{z - (H_1 - H_3)}{\left[(z - H_1 + H_3)^2 + R_{03}^2 \right]^{3/2}} \right\} \quad (3.1.19)$$

burada q_1 və q_2 yükləri eyni gərginlikdə olan kürə və toroid üçün potensial tənliliklərindən aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\left. \begin{aligned} U &= \alpha_{11}q_1 + \alpha_{21}q_2 \\ U &= \alpha_{12}q_1 + \alpha_{22}q_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.1.20)$$

$$q_1 = \frac{U}{\alpha_{11}} \frac{1 - \frac{\alpha_{12}}{\alpha_{22}}}{1 - \frac{\alpha_{12}^2}{\alpha_{11}\alpha_{22}}} ; q_2 = \frac{U}{\alpha_{22}} \frac{1 - \frac{\alpha_{12}}{\alpha_{11}}}{1 - \frac{\alpha_{12}^2}{\alpha_{11}\alpha_{22}}} \quad (3.1.21)$$

(3.1.19) ifadəsində olan ölçülər isə aşağıdakı qiymətlərlə hesablanır:

$$H_1 - H_3 = \frac{R_{01}^2}{a} \cdot \frac{H_1 - H_2}{a} = \frac{R_{01}^2(H_1 - H_2)}{(H_1 - H_2)^2 + R_{02}^2};$$

$$R_{03} = R_{02} \frac{R_{01}^2}{a^2} = \frac{R_{02}R_{01}^2}{(H_1 - H_2)^2 + R_{02}^2};$$

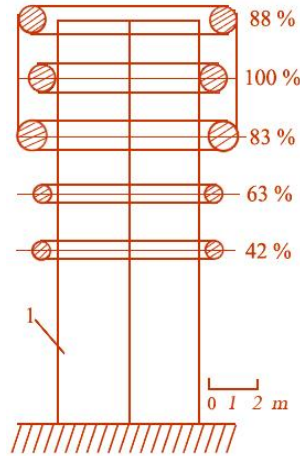
Toroidin bütün bərabərləşdirici zonasını səmərəli istifadə etmək üçün, onu kürədən $R_{02}/\sqrt{2}$ məsafədə montaj etmək lazımdır. Bu halda toroidin əks istiqamətdə maksimal sahə gərginliyi, kürənin maksimal gərginliyi ilə qovuşur. Nəticədə kürənin səthində ESG-nin qiyməti daha çox azalmış olur.

3.1.3. İzolyasiya konstruksiyalarında məcburi gərginlik paylanması

2-3 MV-dan böyük gərginlikli sınaq qurğularında ekranların tələb olunan real ölçülərini almaq çətin olur. Məsələn, 4,3 MV –lıq generatorlarda öz-özünə boşalmalar olmaması üçün, diametri 5 m-lik borudan hazırlanmış

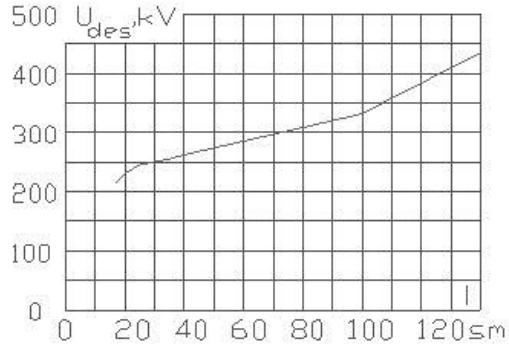
toroidal ekranlar tələb edilir. Belə hallarda qurğunun işləməsi üçün toroidal ekran sistemi tətbiq edilir. Bu sistemə isə, ekranlaşdırılan qurğunun özündən gərginlik verilir. Şək.3.1.6-də gərginliyi 7 MV olan (“TUR” zavodu, Almaniya, Drezden) kommutasiya və atmosfer sınaqları üçün impuls gərginliklər generatoru göstərilmişdir. Bu generatorların xaricində diametri 1 m olan toroidal ekranlar sistemi quraşdırılmışdır. Bu məsələ yüksək gərginlikli izolyator sütununda tətbiq edilmişdir.

Izolyator sütununda sahə gərginliyinin bərabərləşdirilməsi zamanı ekranın ölçüləri düzgün seçilmədikdə (kiçik olduqda) boşalma ekrandan üst izolyatorun aşağı oturacağına vurur. (3.1.17) ifadəsinə görə gərginlik tətbiq edilən üst elektrodun aşağı metal elementindən başlayan bu boşalma sonra izolyator sütunun hündürlüyü boyu davam edərək bütün səthi bürüyür. Bunun səbəbi çox yüksək izolyator boyu elektrik sahəsinin kəskin qeyribircinsli şəkildə paylanmasıdır. Məsələn, OHSI-35 tip 8 ədəd 35 kV-luq taxma dayaq izolyatorlarından yığılmış sütunun hündürlüyü 3-4 m-dir. İzolyator sütunu altında qoyulan beton altlıq nəzərə alındıqda isə, yer səthindən olan hündürlük 6 m-ə çatır. [7] –ə görə ən üst səkkizinci izolyatora bütün gərginliyin 50-60 %-i düşür. Ona görə bu halda ekranın diametrinin seçilməsi ilə yanaşı, ekranla üst izolyatorun aşağı flanesi arasındakı məsafə də doğru hesablanmalıdır. Əgər bu məsafədə deşilmə gərginliyi məlum olarsa, onda üst izolyatora düşən gərginliyə görə bütöv sütunun deşilmə gərginliyini hesablamaq olar. Belə aralıqlar üçün deşilmə gərginliyinin əyrisi şək. 3.1.7 –də göstərilmişdir.



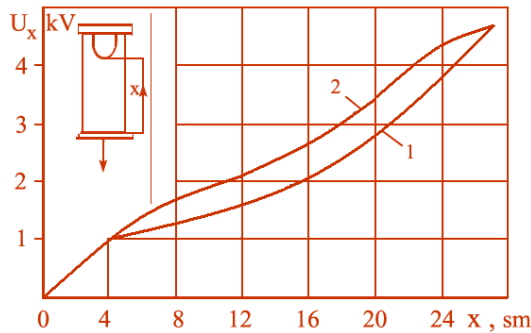
Şək.3.1.6. 7MV-lıq impuls gərginliklər generatoru üçün toroidal ekranlar sistemi (zavod “TUR”, Drezden); 1-generator divarı boyu %-lə ekranlarda potensial verilmişdir.

Sütunda dayaq izolyatorlarının ölçülərinə (məsələn, XTD-35 xarici tip taxma dayaq izolyator və 110 kV ÇDİ –çubuqşəkilli dayaq izolyator sütunlarında) uyğun olan hər bir izolyatorun yüksəkliyi 45-48 və 94-98 sm-dir. Sütunda quraşdırılmış izolyatorlara uyğun olaraq ekranla birinci izolyatorun aşağı flanesi arasında məsafə isə 50-100 sm olur. Ona görə şəkl.3.1.7-də göstərilmiş asılılıq əsasən sütunlar üçün tətbiq edilir.



Şəkl.3.1.7. Topoidal ekranla birinci izolyatorun aşağı flanesi arasında boşalma gərginliyinin məsafədən asılılıq qrafiki

Çox hündür izolyasiya sütunu üçün üst izolyatorun gərginlik payına görə hesablanmış ümumi sütunun deşilmə gərginliyi, ekranla sütunaltı müstəvi arasında olan havanın deşilmə gərginliyindən böyük ola bilər. Bu halda hesabatlara düzəlişlər etmək lazımdır. Oxşar hesabatlar ayırıcıların izolyasiya məsafələri və kağız-bakelit dayaq izolyatorlarda tətbiq edilir. Şəkl.3.1.8-də dayaq izolyatorunun üst qapağı tərəfdən müəyyən dərinlikdə tənzimləyici ekran qoyulmuşdur. Onun təsiri ilə gərginlik və ESG şəkildə göstərilən 1 əyirisi üzrə azalır.



Şəkl. 3.1.8Kağız bakelit dayaq izolyatorunda hündürlük üzrə gərginlik paylanması 1) daxili ekranla; 2) ekransız olan hal.

Şəkildə x sıfır potensialı aşağı elektrodan başlayaraq dəyişir. Montaj armaturları və konstruksiyalar (məsələn 2-3 məftilin bərkidilməsi üçün olan koromısla) yüksək gərginlikli parçalanmış xətt məftillərinə ən yaxın olan birinci izolyatorlarda gərginlik düşküsünün azalmasına müsbət təsir edir. Deməli, elektrik sahəsinin dəyişməsində izolyasiya gövdəsi ilə yanaşı, metal hissələrin də rolu vardır.

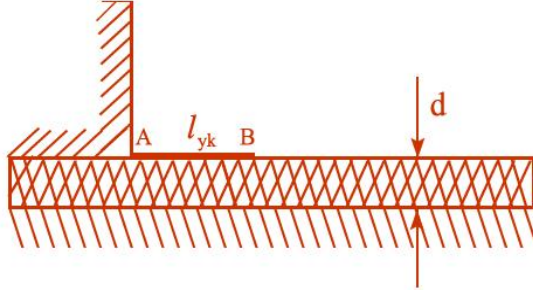
3.1.4. İzolyatorların səthində ESG –nin yarımkəçirici örtüklər vasitəsilə tənzimlənməsi

Yüksək gərginlikli elektrik izolyasiyasının hesablanmasında çox hallarda bircinsli elektrik sahəsinin alınması mümkün olmur. Çünki, bircinsli sahəyə malik olan hava və ya kabel xətləri, transformator dolaqları, yüksək gərginlikli açar (ayırıcı) kontaktları, şin sistemləri və onlara uyğun izolyatorlar yaratmaq mümkün olmur.

Bir sıra hallarda yüksək gərginlikli 220-500 kV-luq dayaq və keçid izolyatorlarının hündürlüyü boyu gərginliyin paylanmasının tənzimlənməsi üçün yarımkəçirici örtüklər (YK) tətbiq edilir. İzolyasiya sütununda gərginlik paylanması yüksək gərginlik tətbiq edilən üst nöqtəsilə, sıfır potensialı oturacağı arasında kəskinqeyribircinsli xarakterli olur. İzolyatorun səthinə çətin təmizlənən çirk təbəqəsi yapışdıqda onların xidmət müddəti azalır və izolyatorun şir çəkilməmiş hamar səthi həmin çöküntülərin təsirindən vaxtından əvvəl yeyilib dağılır. Ona görə, belə şəraitlərdə əlavə profilaktik tədbirlər olmadan izolyatorların isitismarı çətin olur. İzolyatorları periodik olaraq təmizləmək, su və ya həlledici məhlulda isladılmış əski ilə silmək lazımdır. İzolyatorların xidmət müddətinin artırılmasının geniş yayılmış tədbirlərindən biri onların təzyiqli su ilə yuyulmasıdır. Yüksək və ultra yüksək gərginliklərdə izolyasiyanın səthinin təmizlənməsi istismarda yaranan bütün problemləri həll etmir. Bu hallarda mütləq elektrik sahəsinin bərabərləşdirilməsi lazım gəlir. Elektrik izolyasiyasının montajında elektrik keçirici funksiyalarını yerinə yetirən metal və keçirici hissələrin izolyasiya gövdələrilə birləşən yerlərində çıxıntılar və iti uclar təşkil edirlər. Sahəni bərabərləşdirmək üçün onlara dairəvi forma verilir. Bu hissələrdə keçiricilərlə izolyasiya gövdəsi arasında nazik yarıqlar, oyuqlar və s. qalır. Həmin yerlərdə material və havanın (yağın) dielektrik nüfuzluluqları fərqiəndən ESG-yi artır, nəticədə çıxıntıların formasının dairələndirilməsi az effektiv olur.

Yüksək gərginliklər olan konstruksiyalarda həmin yerlər xüsusi dolğu materialları, pasta və qətranlarla doldurulur. Dolğu üçün istifadə edilən materialların dielektrik nüfuzluluqları əsas dielektrikın nüfuzluluğundan böyük olmalıdır:- $\epsilon_{dn} > \epsilon_{mn}$. Sahənin bərabərləşdirilməsinin bu üsulu yeni kompozit tərkibli 123-175 kV–luq “RAYXEM” kabel muftasında tətbiq edilir. Onlarda kompozit tərkibli izolyasiya və yarımkəçirici elementlər istifadə edilir.

Şəkil 3.1.8-də izolyatorların metal hissələr yaxınlığında səthə yarım keçirici örtük çəkilişi göstərilmişdir. İzolyatorun səthi təmiz olduqda, potensial paylanması əsasən, səthi keçiricilik- γ_s və xüsusi səthi tutumla təyin edilir: $C_s = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_n / d$.



Şəkil 3.1.8. Metal hissələri yaxınlığında izolyatorun səthinə çəkilən yarımkeçirici örtük

Bu halda elektrik sahə gərginliyinin maksimal qiyməti A nöqtəsində yaranır:

$$E_{A0} = U_0 \cdot \sqrt{\omega \rho_s \varepsilon_0 \varepsilon_n / d} \quad (3.1.23)$$

İzolyatorun səthinə yarımkeçirici örtük çəkildikdə,

$$E_{A0} = U_0 \cdot \sqrt{\omega \cdot \rho_{yk} \varepsilon_0 \varepsilon_n / d} \quad (3.1.24)$$

Göründüyü kimi, yarımkeçirici örtük çəkildikdə ESG həmin nöqtədə $\sqrt{\rho_s / \rho_{yk}}$ -dəfə azalmış olur (təxminən $10^{1.5}$ dəfə). Bu isə, keçiriciliyin artması və izolyatorun səthinin qızmasına və tez qurumasına səbəb olur.

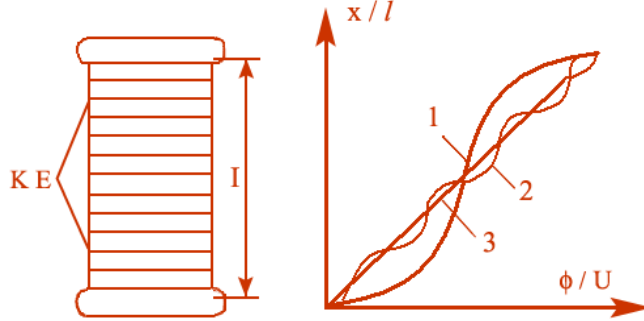
Materialın səthi keçiriciliyini bilərək yarımkeçirici örtüyün hansı uzunluqda çəkiləcəyi tapılır: - B nöqtəsində $E_b = U_b \cdot \sqrt{\omega \rho_s \varepsilon_0 \varepsilon_n / d}$ kimi təyin edilir. Sonuncu ifadədə U_b gərginliyi yarımkeçirici örtüyün uzunluğundan aşağıdakı asılılığa malik olur: $x = l_{y.k}$ nöqtəsi üçün,

$$U_b \approx 2U_0 \exp\left[-l_{y.k} \sqrt{\omega \rho_{y.k} \varepsilon_0 \varepsilon_n / d}\right] \text{ olar.} \quad (3.1.25).$$

Nəticədə yarımkeçirici örtükdə gərginlik düşküsi baş verir: $U_b < U_0$ və $E_b < E_{A0}$. Beləliklə, yarımkeçirici örtüyün xüsusi müqaviməti və onun uzunluğunu elə seçmək lazımdır ki, $E_{A.y.k} = E_b \leq E_{b.b}$ olsun.

Daha yüksək gərginliklərdə izolyatorların səthi boyu kəskin dəyişən gərginliyi şəkil 3.1.9 (1 əyrisi), aktiv keçiriciliklə bərabərləşdirmək lazım gəlir. Keçiriciliyin dəyişdirilməsilə sahənin tənzimlənməsi üsullarına aşağıdakılar aiddir: a) aktiv gərginlik bölənləri, b) səthə çəkilən yarımkeçirici örtüklər, b)

taclanan elektrodlar və s.Şəkil.3.1.9-da aktiv keçiriciliyin tətbiqi ilə izolyatorun səthi üzrə gərginliyin paylanması və dəyişmə əyrisi göstərilmişdir.



Şək.3.1.9. Dayaq sütununda aktiv gərginlik bölənləri ilə potensialın bəsləyicə bərləşdirilməsi; KE-köməkçi qurşaq elektrodları, U_0 -başlanğıc gərginlik, ϕ -potensial, h -sütunun hündürlüyü. 1-təmiz səth üzrə paylanma, 2-sahə bərabərləşdirici həlqələr olduđu halda, 3-ideal paylanma

Şək.3.1.9-dan görüldüyü kimi, dayaq sütununun hündürlüyü boyu təmiz izolyasiya səthi-1, gərginlik böləni olduqda-2 və ideal paylanma-3, hallarında potensialların dəyişməsi verilir. Əyri arasında gərginliklərdə artım müşahidə edilir. Ümumilikdə 2 əyrisi sahənin bərabərləşdirilməsini göstərir. Düz xətt ətrafında döyünmələrə baxmayaraq, onların hündürlük üzrə dəyişməsi 1 əyrisinə nisbətən daha zəifdir.

3.1.5. Yarımkeçirici örtüklərin hesablanması

Yarımkeçirici örtüklər-YK çəkildə iki izolyasiya toxunduđu yerin sərhəddində, elektrik sahə gərginliyini azalması hesabına səthi boşalma ləğv edilir. Digər ətrəfdən YK örtüklər izolyatorun səthini qızdırdığı üçün çirk və nəmlənmə izolyasiya səthinin elektrik boşalma gərginliyinin artmasına səbəb olur. YK örtüklər ən çox elektrik maşınlarının alın hissəsində, asma, keçid və dayaq izolyatorlarında tətbiq edilir. Şək.3.1.10 və 3.1.11 –da dayaq sütununda sızma cərəyanlarının isitqamətləri göstərilmişdir.

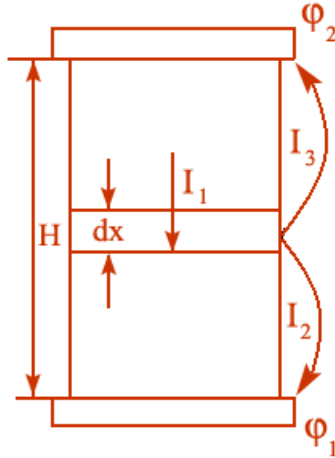
\dot{I}_2 və \dot{I}_3 cərəyanları izolyatorun elementar dx -hissəsindən yuxarı və aşağı flanelərə tərəf axan sızma cərəyanlarıdır. Kirxhov qanununa görə cərəyanlar dx məsafəsindən keçən həcmi və səthi cərəyanların cəminə $-\dot{I}_1$ cərəyanına bərabərdir: $-\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3$. Dayaq sütununun hissələrini onların keçiriciliyi ilə əvəz edib şək. 3.1.11 verilmiş hesabat sxemini almaq olar.

Sxemdə Y_1 -izolyator səthinin vahid uzunluğuna düşən tam keçiricilik, Y_2 və Y_3 uyğun olaraq, alt və üst elektrodla nəzərən tam keçiricilikdir, Y_{yk} – yarımkeçirici örtük çəkilmiş səthin vahid uzunluqdakı keçiriciliyidir.

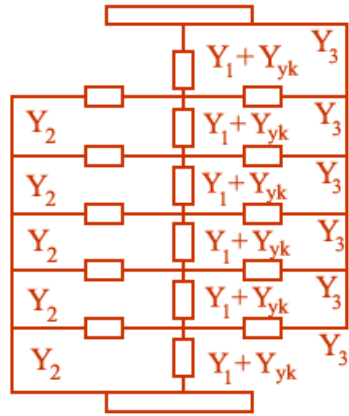
Tərtib edilmiş əvəz sxemi üçün aşağıdakı tənlikləri yazmaq olar:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\varphi}{dx} &= \frac{I_1}{Y_1 + Y_{yk}} \\ \frac{dI_1}{dx} &= (\varphi - \varphi_1) \cdot Y_2 + (\varphi - \varphi_2) \cdot Y_3 \end{aligned} \right\} \quad (3.1.26)$$

Burada φ -aşağı elektrodun x məsafəsində dayaq sütununun potensialı, φ_1 və φ_2 -uyğun olaraq aşağı və yuxarı elektrodların potensiallarıdır. Adətən alt elektrodun φ_1 potensialı sıfır qəbul edilir.



Şək.3.1.10. İzolyasiya Sütunlarında axan cərəyanlar



Şək.3.1.11. İzolyasiya sütununun elektrik əvəz sxemi

Diferensial tənlikləri Y_1 , Y_2 və Y_3 -ün x -dan asılı olmayan const şərtində həll edirlər. Y_{yk} -isə, x -dan asılı olur. (3.1.26) sistemin I tənliyini x -a görə törəməsi və dY_1/dx -in yerinə ikinci tənliyi nəzərə aldıqda yazmaq olar:

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} = \frac{(Y_1 + Y_{yk})I_1' - I_1 \cdot Y_{yk}'}{(Y_1 + Y_{yk})^2} \quad (3.1.27)$$

Alınmış I_1' -in yerinə (3.1.26) sistemin ikinci tənliyini nəzərə aldıqda,

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} = \frac{(\varphi - \varphi_1) \cdot Y_2 + (\varphi - \varphi_2) \cdot Y_3}{Y_1 + Y_{yk}} - \frac{d\varphi}{dx} \cdot \frac{1}{Y_1 + Y_{yk}} \frac{dY_{yk}}{dx} \quad (3.1.28)$$

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \frac{1}{Y_1 + Y_{yk}} \frac{d\varphi}{dx} \frac{dY_{yk}}{dx} - \frac{Y_2 + Y_3}{Y_1 + Y_{yk}} \cdot \varphi + \frac{\varphi_2 Y_3 + \varphi_1 Y_2}{Y_1 + Y_{yk}} = 0 \quad (3.1.29)$$

Yarımkəçirici örtüklər dayaq sütununun səthi üzrə eyni qalınlıqda çəkildikdə Y_{yk} x -dan asılı olmur. Bu zaman Y_{yk} sabit, gərginlik paylanması isə qeyri bərabər olur. Gərginliyin sabit olması üçün çəkilən yarımkəçirici

örtüklərin qalınlıqları, səth boyu müxtəlif olmalıdır. Birinci halda $\frac{dY_{yk}}{dx} = 0$, olur. Onda $\varphi(x)$ üçün, (3.1.28) tənliyinin həlli aşağıda ifadə edilir:

$$\varphi(x) = A_1 e^{\gamma x} + A_2 e^{-\gamma x} + A_3 \quad (3.1.30)$$

burada γ xarakteristik tənlikdən aşağıdakı kimi təyin edilir:-

$$\gamma = \sqrt{\frac{Y_2 + Y_3}{Y_1 + Y_{yk}}} \quad (3.1.31)$$

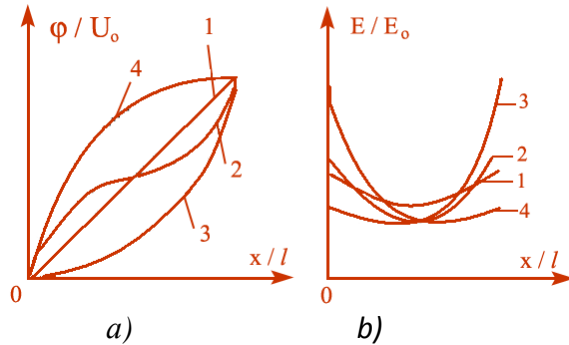
(3.1.29) tənliyinin həllində sərhəd şərtləri istifadə edilir: $x=0$; $\varphi=\varphi_1=0$ və $x=H=l$; $\varphi=\varphi_2=U_0$ kimi nəzərə alındıqda, $\varphi(x)$ üçün aşağıdakı ifadə yazılır:

$$\varphi(x) = \frac{U_0}{(Y_2 + Y_3) \cdot sh\gamma l} [Y_2 sh\gamma x - Y_3 sh\gamma(l-x) + Y_3 sh\gamma l] \quad (3.1.32)$$

Sütunun səthi üzrə leketrik sahə gərginliyinin dəyişməsi $E(x) = -\partial\varphi/\partial x$ ifadəsi ilə təyin edilir. (3.1.31) ifadəsini diferensialladıqda $E(x)$ üçün tənlik yazılır:

$$E(x) = -\frac{U_0 \cdot \gamma}{(Y_2 + Y_3) sh\gamma l} [Y_2 ch\gamma x + Y_3 ch\gamma(l-x)] \quad (3.1.33)$$

(3.1.31) və (3.1.32) ifadələrinə əsasən aparılmış hesabların nəticələri şəkl.3.1.12-də göstərilmişdir.



Şəkl.3.1.12. Dayaq sütununun yüksəkliyi boyu a) potensial və elektrik sahə gərginliyinin b) paylanması 1- $Y_2=Y_3$; 1 əyrisi üçün $\gamma l=1$; 2- $Y_2=Y_3$; 3- $Y_2=5Y_3$; 4- $Y_2=0,2Y_3$; 2 - 4 əyrilər üçün $\gamma l=3$ qəbul edilmişdir.

Göründüyü kimi, γl - azaldıqca potensialın yüksəkliyi üzrə paylanması bərabərləşir. Ona görə, yarımqeçirici örtüyün keçiriciliyini artırmaqla izolyasiya sütununun səthi boyu elektrik sahəsini daha yaxşı tənzimləmək olur. Lakin örtüyün qalınlığı sabit olduqda, keçiriciliyin artırılması elektrik enerji itkilərinə və qızmaya səbəb olur. Ona görə, örtüyün keçiriciliyi elə seçilir ki, yüksək gərginlikli elektrodun yaxınlığında yaranan maksimal sahə gərginliyi E_{max} , E_{bb} -buraxıla bilən sahə gərginliyindən kiçik olsun.

İkinci halda, izolyasiyanın səthi boyu elektrik sahə gərginliyinin sabitlik şərti qəbul edilir:

$$E(x) = -\frac{d\varphi}{dx} = \text{const}, \quad \frac{d^2\varphi}{dx^2} = 0, \quad E = -\frac{U_0}{\ell}, \quad \varphi(x) = -E(x) \cdot x. \quad \text{Onda} \quad (3.1.28)$$

tənliyi aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\frac{dY_{yk}}{dx} = (Y_2 + Y_3) \cdot x - Y_3 \cdot \ell \quad (3.1.34)$$

İfadəni inteqralladıqdan sonra aşağıdakı tənlik alınır:

$$Y_{yk} = (Y_2 + Y_3) \cdot \frac{x^2}{2} - Y_3 \ell \cdot x + C \quad (3.1.35)$$

Y_{yk} - x dan asılı olaraq müəyyən uzunluqda keçiriciliyi, minimal qiymət alan funksiyadır. Onu müsbət qəbul etdikdə, minimal qiyməti sıfır olur:

$\frac{dY_{yk}}{dx} = 0$. Onda (3.1.34) tənliyindən x -in Y_{yk} -ni sıfıra çevirən qiymətini və ona uyğun C təyin edilir:

$$(Y_2 + Y_3) \cdot x - Y_3 \cdot \ell = 0, \quad x = \frac{Y_3 \cdot \ell}{Y_2 + Y_3} \quad (3.1.36)$$

$$\frac{1}{2} \frac{Y_3^2 \ell^2}{Y_2 + Y_3} - \frac{Y_3^2 \ell^2}{Y_2 + Y_3} + C = 0, \quad C = \frac{1}{2} \frac{Y_3^2 \ell^2}{Y_2 + Y_3} \quad (3.1.37)$$

Son ifadələrdən Y_{yk} -i üçün aşağıdakı ifadə yazılır:

$$Y_{yk} = \frac{[Y_3(\ell - x) - Y_2 x]^2}{2(Y_2 + Y_3)} \quad (3.1.38)$$

İzolyasiya sütununun səthini silindr kimi hesabladıqda, Y_{yk} üçün: $Y_{yk} = \frac{\pi \cdot \Delta_x D}{\rho_{yk}}$

alınır. Burada D izolyatorun xarici diametri, Δ_x yarımkeçirici örtüyün qalınlığı, ρ_{yk} -yarımkeçirici örtüyün xüsusi həcmi müqavimətidir. Y_{yk} -nin ifadələrinin bərabərliyindən, yarımkeçirici örtüyün qalınlığı üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$\Delta_x = \frac{\rho_{yk}}{\pi \cdot D} \frac{[Y_3(\ell - x) - Y_2 x]^2}{2(Y_2 + Y_3)} \quad (3.1.39)$$

Deyildiyi kimi, yarımkeçirici örtüklərin tətbiqi izolyator səthində qızma və enerji itkilərinə səbəb olur. Səthi ESG $E = U_0/\ell$ və Y_{yk} -i (3.1.39)-ə əsasən, enerji itkisini aşağıdakı inteqral ifadə ilə hesablamaq olar:

$$Q = \int_0^\ell E^2 \cdot Y_{yk} dx = \int_0^\ell \frac{U_0^2}{\ell^2} \cdot \frac{[Y_3(\ell - x) - Y_2 x]^2}{2(Y_2 + Y_3)} dx \quad (3.1.40)$$

İnteqralı həll etdikdə, Q üçün aşağıdakı hesabat ifadəsi alınır:

$$Q = \frac{U^2_0 l}{6} \cdot \frac{Y^2_2 + Y^2_3 - Y_2 Y_3}{Y_2 + Y_3} \quad (3.1.41)$$

220-500 kV-luq yüksək gərginlikli elektrik şəbəkə və yarımstansiyalarda yüzlərlə dayaq və keçid izolyatorları və izolyasiya sütunları istifadə edilir. (3.1.40) ifadəsinə əsasən səthinə yarımkeçirici çəkilməmiş dayaq sütununda enerji itkisinin hesabı üçün verilənlər: $U_0=500 \text{ kV}$, $l=5 \text{ m}$, $Y_2=15 \cdot 10^{-10} \text{ Sim/m}$, $Y_3=3 \cdot 10^{-10} \text{ Sim/m}$.

$$Q = \frac{5 \cdot 10^{10} \cdot 5 \left((15 \cdot 10^{-10})^2 + (3 \cdot 10^{-10})^2 - 45 \cdot 10^{-20} \right)}{6 \cdot (15 \cdot 10^{-10} + 3 \cdot 10^{-10})} = 394 \text{ Vt}$$

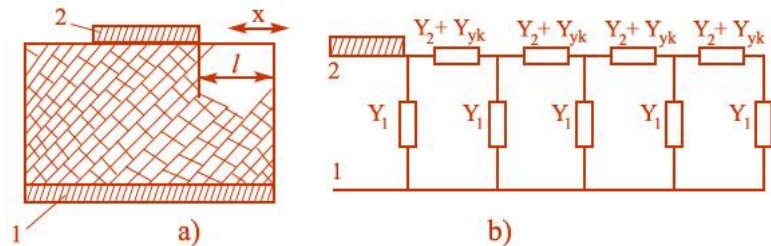
Nəticələrin enerji sistemindəki 500 kV-luq şəbəkə və yarımstansiyalarda olan 100-lərlə izolyatorun sayı ilə, enerji itkilərinin çox böyük qiymətlərə çatdığını söyləmək olar. Ona görə $E=const$ şərti izolyasiyanın işini və bütövlükdə elektrik şəbəkələrinin etibarlılığını artırırsa da, böyük itliklər üzündən az tətbiq edilir. Onlar yalnız güclü çirklənmə və nəmlənmə olan hallarda istifadə edilir.

3.1.6. Keçid izolyatorlarının səthi keçiriciliyi ilə ESG-nin tənzimlənməsi

Yarımkeçirici örtüklərin tənzimləmə effektindən başqa (3.1.24), səthin keçiricilik ilə qızdırılması da əhəmiyyətlidir. Təcrübələr göstərir ki, səthin qızması səbəbilə transformator və yüksək gərginlikli açarlarda işlədilən keçid izolyatorlarının köhnəlmə dərəcələri fərqli olur. Belə ki, transformatorlarda $U_{boş}$ daha çox olur. Bu transformator dolaqlarının qızması hesabına keçid izolyatorlarının ətrafında həmişə istilik ayrılması ilə izah edilir.

Keçid izolyatorlarının səthinə çəkilən yarımkeçirici örtüyün hesabı şəkl.3.1.13 əvəz sxemində görə aşağıdakı tənliklərlə həll edilir:

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \frac{1}{Y_2 + Y_{yk}} \frac{dY_{yk}}{dx} \cdot \frac{d\varphi}{dx} - \frac{Y_1}{Y_2 + Y_{yk}} \cdot \varphi = 0 \quad (3.1.42)$$



Şək.3.1.13. Keçid izolyatorları üçün yarımkeçirici örtüklərə aid hesabat sxemi

(3.1.42) tənliyini analogi olaraq, iki hal üçün, $Y_{yk}=const$ və $E=const$ şərtlərində həll edirlər. Birinci halda $\varphi_2 - \varphi_1 = U_0$ və $\varphi_1 = 0$ kimi qəbul etdikdə, $\varphi(x)$ üçün aşağıdakı tənliklə ifadə edilir:

$$\varphi(x) = U_0 \cdot \frac{sh\gamma x}{sh\gamma \ell} \quad (3.1.43)$$

$$\text{burada } \gamma = \sqrt{\frac{Y_1}{Y_2 + Y_{yk}}} \quad (3.1.44)$$

İzolyatorun səthi elektrik sahə gərginliyi $E = -\frac{d\varphi}{dx}$ olduğundan :-

$$E(x) = -\frac{U_0 \gamma \cdot ch\gamma x}{sh\gamma \ell}. \quad (3.1.45)$$

ESG-nin maksimal qiyməti $x=l$ olduğu halda alınır:

$$E_{max} = -U_0 \gamma \cdot ch\gamma l \quad (3.1.46)$$

Deyildiyi kimi elektrik sahəsinin tənzimlənməsinin məqsədi real konstruksiyaların təhlükəli yerlərində ESG-nin maksimal qiymətlərinin, buraxıla bilən ESG- E_{bb} qiymətindən az olmasıdır. Həmin şərt daxilində Y_{yk} ə

nisbətən, $Y_2=0$ -a bərabər götürmək olar. Bu halda $\gamma = \sqrt{\frac{Y_1}{Y_{yk}}}$ kimi təyin edilir. Q hesablandıqdan sonra örtüyün qalınlığı təyin edilir. İkinci halda isə,

$E(x)=const$ və $\frac{d^2\varphi}{dx^2} = 0$ üçün:

$$Y_{yk} = Y_1 \cdot \frac{x^2}{2} + C \text{ alınır.} \quad (3.1.47)$$

İnteqral sabiti C-ni, $x=0$ və $Y_{yk}=0$ şərtlərindən $C=0$ kimi olur. Silindrik izolyasiya üçün tam keçiriclik aşağıdakı kimi hesablanır:

$$Y_1 = \frac{2\pi}{\ell n \frac{r_2}{r_1}} \left(\frac{1}{\rho_1} + j\omega\epsilon_0 \cdot \epsilon_n \right) \quad (3.1.48)$$

$$\text{və } Y_{yk} = \frac{2\pi \cdot r_2 \Delta_{yk}}{\rho_{yk}} \quad (3.1.49)$$

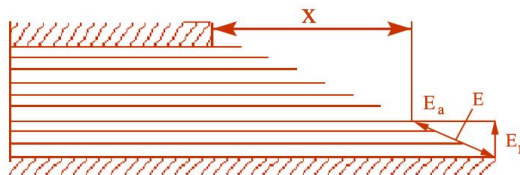
burada r_1 və r_2 –izolyasiyanın daxili və xarici radiusları, ρ_1 və ϵ_n xüsusi həcmi müqaviməti və nisbi dielektrik nüfuzluluğudur. Δ_{yk} və ρ_{yk} –uyğun olaraq yarımkəşirici örtüyün qalınlığı və xüsusi müqavimətləridir. (3.1.46)–(3.1.48) ifadələrindən yarımkəşirici örtüyün qalınlığı aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\Delta_{yk} = \frac{x^2 \cdot \rho_{yk}}{2r_2 \ell n \frac{r_2}{r_1}} \left(\frac{1}{\rho_1} + j\omega\epsilon_0 \epsilon_n \right) \quad (3.1.50)$$

Enerji itkisini azaltmaq məqsədilə yarımkəçirici örtüyün bütün izolyasiya səthinə deyil, ESG-in böyük olduğu yerlərə çəkirlər şək.3.1.8. Örtüyün qalınlığı və uzunluqları ESG-in maksimal qiymətinin, buraxıla bilən qiymətdən kiçik olması şərtinin ödəndiyi hal üçün təyin edilir (3.1.25).

3.1.7. Daxili izolyasiyada kondensator köynəkləri ilə ESG tənzimlənmə

Yüksək gərginlikli keşid izolyatorları və kabel muftalarında daxili elektrik sahəsi kondensator köynəkləri vasitəsilə tənzimlənilir. Şək.3.1.14-də kondensator köynəklərinin ətrafında yaranan ESG vektorları göstərilmişdir:



Şək.3.1.14 kondensator tipli izolyasiya və onların çıxıntı sonluqları üçün aksial, radial və tam elektrik sahə gərginlikləri E_a , E_r , E .

Sxemə əsasən, elektrik selinin səpələnməsi nəzərdən atılarsa, köynəklərin sonunu birləşdirən xətt, cəm ESG-dir. Köynəyin ucunda ESG-I şək. 3.1.14-də göstərildiyi kimi vektorlara- E_a , E_r ayırmaq olar. Daxili izolyasiyada uzunluq üzrə sabit radius üçün radial ESG-də sabit olacaqdır. Sahə gərginliyinin aksial təşkiledicisi- E_a , izolyator daxilində kondensator köynəyi üstündə sıfır olub, yalnız onlardan çıxışda meydana çıxır. Çox sayda kondensator köynəkləri üçün gərginlik düşkünləri gərginlik vektorlarından asılı olaraq aşağıdakı kimi yazılır:

$$dU = E_a dx = -E_r dr \quad (3.1.51)$$

burada E_a -aksial sahə gərginliyi, E_r -radial sahə gərginliyi, dx -kondensator köynəklərinin çıxıntı boyu, köynəklərin radial istiqamətdə artımıdır.

Elektrik sahəsinin səpələnməsi nəzərdən atıldığı üçün, aşağıdakı şərtləri yazmaq olar:- $2\pi\epsilon_0 r x \epsilon_n E_r = const$.

Bütün kondensator köynəkləri arasında izolyasiya eyni materialdan ibarət olduğu üçün, $\epsilon_n = const$ olur. Onda aşağıdakı ifadə yazıla bilər:

$$r x E_r = const \quad (3.1.52)$$

burada r və x uyğun olaraq kondensator köynəyinin mərkəzdən olan radiusları və şək. 3.1.14-də göstərilən çıxıntı məsafələridir. İzolyasiyada kondensator köynəklərini iki: - E_r - radial ESG-nin sabit olduğu və E_a -aksial ESG-yi təşkiledicisinin sabitliyi şərtindən təyin edirlər.

- 1) $E_r = const$ olduqda, (3.1.51) ifadəsindən aşağıdakı bərabərliyi yazmaq olar:

$$rx = const = C_1 \quad (3.1.53)$$

(3.1.50) ifadəsində aşağıdakı çevirmələri apararaq E_a üçün, diferensial şəkildə yazmaq olar:

$$E_a = -E_r \frac{dr}{dx} \quad (3.1.54)$$

(3.1.52) və (3.1.53) ifadələrindən dr/dx və E_a üçün, aşağıdakılar yazılır:

$$\frac{dr}{dx} = -\frac{C_1}{x^2} \quad ; \quad E_a = \frac{E_r \cdot C_1}{x^2} \quad (3.1.55)$$

Sonuncu ifadədən aksial E_a sahə gərginliyinin köynəklərin boyunun qısalması ilə artdığı görünür. Deməli, E_a sahə gərginliyinin ən böyük qiyməti üst elektrodun (flanesin) yaxınlığında meydana çıxır. E_a -nın sonuncu, (3.1.54) ifadəsini (3.1.50)-də yazıb, inteqralladıqda aşağıdakı tənlik alınır:

$$U = -\frac{C_1 \cdot E_r}{x} + C_2 \quad (3.1.56)$$

C_1 və C_2 inteqral sabirləri, sərhəd şərtlərindən: $x=l_f$; $U=0$ və $x=l_{ck}$; $U=U_0$, burada l_f və l_{ck} uyğun olaraq flanes və cərəyan keçirici içliyin uzunluğudur.

Sərhəd şərtlərindən $C_1 \cdot E_r$ i təyin edib, (3.1.54)-də yerinə yazdıqda E_a üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$E_a = \frac{U_0 l_f l_{ck}}{x^2 (l_{ck} - l_f)}$$

E_a -aksial sahə gərginliyinin $x=l_f$ şərtində alınan sahə gərginliyinin buraxıla bilən qiymətinə bərabər götürsək yazmaq olar:

$$E_{abb} = \frac{U_0 \cdot l_{ck}}{l_f (l_{ck} - l_f)} = \frac{U_0}{l_f \left(1 - \frac{l_f}{l_{ck}}\right)} \quad (3.1.57)$$

Buradan belə nəticə çıxır ki, $E_r=const$ olduqda, hesablanan izolyasiyanın diametri kiçik alınır və konstruksiyanın normal işini təmin etmək üçün L_f . Və L_{ck} -nin qiymətlərinin artırılması lazım olur. İzolyasiyanın diametri kiçik, uzunluğunun isə böyük alındığı üçün mexaniki dayanıqlığı və iqtisadi səmərəliliyi uyğun olmur. Ona görə konstruksiyalarda II variantdan istifadə edilir.

II Variant $E_a=const$ aksial sahə gərginliyi sabitdir. (3.1.51) ifadəsindən E_r -i təyin edib, (3.1.52) -də nəzərə aldıqda:

$$rx \cdot \frac{dx}{dr} = C_1 = const \quad \text{olar.} \quad (3.1.58)$$

Dəyişənlərinə ayırmaqla inteqralladıqda aşağıdakı ifadə alınır:

$$\frac{x^2}{2} = C_1 \ln r + C_2 \quad (3.1.59)$$

İnteqral sabitləri sərhəd şərtlərindən təyin edilir:- $x=l_f$; $r=r_f$ və $x=l_{ck}$; $r=r_{ck}$ nəzərə alıb, (3.1.58) dən C_1 və C_2 -ni aşağıdakı kimi təyin edirlər:

$$C_1 = -\frac{\ell^2_{ck} - \ell^2_f}{2\ln\frac{r_f}{r_{ck}}} \text{ və } C_2 = \frac{\ell^2_f}{2} + \frac{\ell^2_{ck} - \ell^2_f}{2\ln\frac{r_f}{r_{ck}}} \cdot \ln r_f \quad (3.1.60)$$

İnteqral sabitlərini (3.1.59)-də yerinə yazaraq kondensator köynəklərinin radiusu və onların uzunluqları arasında asılılıq üçün yazmaq olar:

$$\frac{x^2 - \ell^2_f}{\ell^2_{ck} - \ell^2_f} = \frac{\ln\frac{r_f}{r}}{\ln\frac{r_f}{r_{ck}}} \quad (3.1.61)$$

(3.1.52), (3.1.57) və (3.1.59) ifadələrindən, C_1 əmsalını nəzərə almaqla radial və aksial sahə gərginlikləri arasında aşağıdakı ifadəni yazırlar:

$$E_r = E_a \frac{1}{rx} \cdot \frac{\ell^2_{ck} - \ell^2_f}{2\ln\frac{r_f}{r_{ck}}} \quad (3.1.62)$$

Aksial sahə gərginliyinin sabitliyindən:

$$E_a = \frac{U_0}{\ell_{ck} - \ell_f}, \text{ yazmaq olar.} \quad (3.1.63)$$

E_a -nın bu ifadəsini (3.1.61)-də nəzərə alaraq, radial sahə gərginliyinin son ifadəsini almaq olar:

$$E_r = \frac{1}{rx} \cdot \frac{U_0(\ell_{ck} + \ell_f)}{2\ln\frac{r_f}{r_{ck}}} \quad (3.1.64)$$

(3.1.63) ifadəsindən görünür ki, radial sahə gərginliyi rx hasilindən tərs mütənasib asılılığa malikdir. Ona görə E_r , flanes və cərəyan keçirici içliyin yaxınlığında maksimal qiymətlərə çatır şəkl.3.1.15. Şəkində verilən 1 əyrisi aksial sahə gərginliyinin tənzimləndiyi və $E_{rck}=E_{rf}=E_{rmax}$ optimal hal kimi seçilir. Bu halda ESG-nin maksimal qiyməti üçün yazmaq olar:

$$E_{rmax} = \frac{U_0}{2r_{ck}\ell_{ck}} \cdot \frac{\ell_{ck} + \ell_f}{\ln\frac{r_f}{r_{ck}}} = \frac{U_0}{2r_f\ell_f} \cdot \frac{\ell_{ck} + \ell_f}{\ln\frac{r_f}{r_{ck}}} \quad (3.1.65)$$

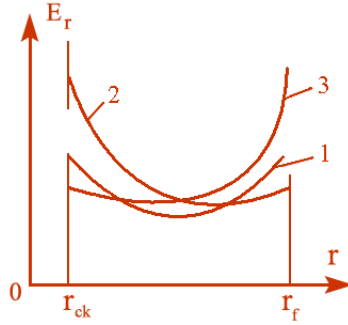
Silindrik izolyasiyanın optimal parametrlərinin hesablarından, radial və uzunluq ölçüləri arasında optimallaşma parametri z istifadə edilir:- $Z=l_{ck}/l_f=r_f/r_{ck}$. Bu parametr nəzərə alındıqda radial elektrik sahəsi üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$E_{r \max} = \frac{U_0}{2r_{ck}} \cdot \frac{1+z}{z \ln z} = \frac{U_0}{2r_f} \cdot \frac{1+z}{\ln z} \quad (3.1.66)$$

Elektrik sahəsinin radial təşkilədiciyə ən kiçik qiymətini təyin etmək üçün, (3.1.66) ifadəsini z -ə görə diferensiallayıb sıfıra bərabər götürürlər:

$$\frac{\ln z - \left(1 + \frac{1}{z}\right)}{(\ln z)^2} = 0$$

z parametri sonsuz olmadığından, kəsrin sürəti sıfır qəbul edilir: $-\ln z - 1/z = 1$ tənliyini həll edərək z -i təyin edirlər.



Şək.3.1.15 Radial sahə gərginliyinin r -dən asılılıqları: 1- E_r -in flanes və içlik yaxınlığında bərabər olan, 2 və 3 sahə gərginliyinin tənzimlənmədiyi hallar.

İzolyasiyaya sərf olunan material həcmının minimal olması şərtindən də z -i təyin etmək olar. Elektrik izolyasiya materialının həcmi üçün:

$$V = \pi(r_f^2 - r_{ck}^2) \cdot \ell_{ic} = \pi \cdot r_f^2 \left(\frac{z^2 - 1}{z^2} \right) \cdot \ell_{ck} \quad (3.1.67)$$

r_f və ℓ_{ck} ifadələrini (3.1.65)-də nəzərə alaraq, çevirmələr apardıqda material həcmi üçün yeni ifadə yazılır:

$$V = \pi \frac{U_0^2}{4E_a E_{r \max}^2} \cdot \frac{(1+z)^2}{z(\ln z)^2} \quad (3.1.68)$$

Radial və aksial ESG-in ən böyük qiymətləri z parametridən çox, materialın xassəsindən asılı olur. Həcm z parametrinə görə törəməsini sıfıra bərabər götürüb tənliyi həll etsək, aşağıdakıları yazmaq olar:

$$\frac{(2z-1) \cdot \ln z - 2(z+1)}{z^2 (\ln z)^2} = 0 \quad (3.1.69)$$

Maksimal sahə gərginliklərinin və material həcmının kiçik qiymətləri üçün, optimallaşma parametri $z=3,6$ alınır, hesabatlarda isə, $z=4-4,5$ qəbul edilir.

(3.1.68) tənliyindən görüldüyü kimi z , $E_{r \max}$, E_a parametrlərinin sabit qiymətlərində izolyasiyanın həcmi tətbiq edilən gərginliyin kubu ilə

mütənasibdir. Bununla da bir çox elektromexaniki konstruksiyalar və qurğularda olduğu kimi, izolyasiyanın həcmnin də gərginliyin kubundan asılı olduğu sübut edilir. Elektrik sahəsinin tənzimlənməsinin bu məsələsi izolyasiyanın layihələndirilməsində optimallaşma kriteriyası kimi tətbiq edilir.

4. DAXILI İZOLYASIYA

Yüksək gərginliklərdə izolyasiyanın daxili və xarici növlərindən istifadə edilir. Aparatların xaricində hissələrin birləşməsi zamanı, mexaniki möhkəmlik üçün bərk izolyasiya işlədilir. Onlar yüksək elektrik möhkəmliyinə $E_{möh}$, yaxşı istilik ötürmə və nəmliyə qarşı davamlılıq kimi xassələrə malik olmalıdırlar.

4.1.1. Bərk və kombinəedilmiş izolyasiya

Daxili izolyasiya karbohidrogen və silisium üzvi tərkibli sintetik materiallardan, karton, kağız və qeyri üzvi materiallardan: - slyuda, mikanit, mikaleks, farfor, şüşə və s. kimi çox müxtəlif tərkiblərdən ibarət olur. Bir çox daxili izolyasiya konstruksiyalarında bərk dielektriklə qaz (və ya maye) birlikdə işlədilir. Yüksək gərginlik aparatlarında fərqli dielektrik nüfuzluluğu- ϵ_n , istilik keçiriciliyi- σ , müxtəlif forma və ölçüləri olan bərk izolyasiya istifadə edilir. E_n –qazın dielektrik nüfuzluluğundan- ϵ_q 3-4 dəfə böyük olur. Bərk dielektrikin ölçüləri, qeyrimüntəzəm və mürəkkəb formaları, elektrik sahəsinə təhrif edir. Nəticədə onların səthini bürüyən və daxilində olan qaz (maye) mühitində elektrik sahə gərginlikləri böyük qiymətlərə çatır. Belə hadisələr, bütün konstruksiyanın elektrik möhkəmliyini azaldır. Ona görə, yüksək gərginlikli aparatların izolyasiya konstruksiyalarının layihələrində, elektrik sahəsinin bərabər paylanması bərk izolyasiyada və onu bürüyən qaz və mayədə elektrik sahə gərginliyinin azaldılması tədbirləri yerinə yetirilməlidir.

Birənli sahədə deşilmə anında tətbiq edilən gərginliyə deşilmə gərginliyi və bu halda gərginliyin dielektrikin qalınlığına olan nisbəti: - $E_{möh} = U_{deş}/d$ isə elektrik möhkəmliyi adlanır. Elektrik möhkəmliyi [kV/mm] və ya [MV/m] –lə ölçülür.

4.1.2. Bərk izolyasiyanın əsas xassələri

Yüksək gərginlikli avadanlıqların daxili izolyasiyası və onların materiallarının keyfiyyətinə xüsusi tələblər qoyulur. Elektrik, istilik, mexaniki xassələr əsas olmaqla digər şərtlərin də ödənməsi lazımdır. Məsələn, daxili izolyasiyanın elektrik möhkəmliyinin həmin aparatın xarici izolyasiyasına nisbətən elektrik möhkəmliyindən 1,5-1,6 dəfə böyük olması əsas şərtidir. Hər

şeydən əvvəl, materiallar qısa müddətli impuls gərginlikləri və uzun təsirli kommutasiya və sənaye tezlikli gərginliklərə qarşı davamlı olmalıdır.

Elektrik deşilməsi halında yüksək deşilmə sahə gərginliyinə malik olmalıdırlar. Ən aşağı dielektrik itki bucağının tangensinə, qismi boşalma təsirlərinə qarşı davamlılığa malik olmalıdırlar. Tərkiblərində qaz qabarcıqları olmamalı və ya onlar minimal olmalıdırlar. Deyilənlər pozulduqda izolyasiyanın etibarlılığı kifayət qədər olmur. Deşilmənin aşağı göstəricilərdə olması ($E_{möh}$), dielektrik itkiləri hesabına yaranan istilik, qismi boşalmalar və ionlaşma təsirləri ilə yaranan elektromaqnit, elektromexaniki, şualanma, akustik və s. kimi amillər izolyasiyanın “yaşama”sına mənfi təsir edirlər.

Materialların istilik xassələri temperatur keçirmə, istilik ötürmə, istilik vermə kimi mexanizmlər ilə təyin edilir. İzolyasiyanın istilik köhnəlməsinə qarşı davamlılığı təyin edilərkən, aktiv hissələrin buraxıla bilən temperaturları və izolyasiyada temperatur düşkünlərinin həlli vacibdir. İstilik xassələri bütövlükdə avadanlığın buraxıla bilən işçi rejimlərini təyin edir. Bu xassələr buraxıla bilən işçi cərəyanları, artıq yüklənmə cərəyanlarını, materialların yanğına və partlayışa davamlılığı, onlara görə aparılan mühafizə tədbirlərinin həcmi və üsullarını aydınlaşdırır.

İzolyasiya materiallarının mexaniki möhkəmliyinə göstərilən yüksək tələblər, yalnız izolyasiyanın istismar prosesinə deyil, həm də onların istehsalı zamanı məruz qaldıqları mexaniki emal şərtlərinə də aiddir. Mexaniki xassələr, təkcə izolyasiya və konstruksiyaynın mexaniki bütövlüyünü deyil, həm də izolyasiyanın elektrik möhkəmliyini azaldan çatların, laylara, suxurlara ayrılma və digər defektlərin olmamasını təmin edir.

Dielektriklərin texnolojiliyi və istehsalının avtomatlaşdırılması da vacib məsələdir. Bu tələblərin ödənməsi, material və konstruksiyaların istehsalında yüksək məhsuldarlığa yol açır.

Daxili izolyasiyada istifadə edilən materiallar ekoloji təmiz olmalıdır. İstisamr zamanı onlardan toksik maddələr ayrılmamalı, iş müddətini başa vuran materiallar təhlükəsiz olaraq, ətrafa zərər olmadan məhv edilməlidir.

Dielektrik materiallar həm də defisit olmamalı, iqtisadi cəhətdən sərfəli olmalıdırlar.

Bəzən materiallara yuxarıdakı ümumi xassələrilə yanaşı, işlədildiyi avadanlıqların xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq əlavə tələblər də qoyulur. Məsələn, güc kondensatorları üçün materiallar böyük dielektrik nüfuzluluğuna, yüksək gərginlik açarlarının qövssöndürücü kamerası üçün izolyasiya materialları, yüksək istilik və güclü elektrik qövslərinin təsirlərinə qarşı davamlılığa malik olmalıdırlar.

Göstərilən tələblər əsas kateqoriyalara aiddirlər. Onlardan hər-hansı birinin nəzərə alınmaması yüksək gərginlik avadanlığının iş qabiliyyətini pozur, onu texniki-iqtisadi və ekoloji cəhətdən səmərəsiz edir.

Yüksək gərginlik avadanlığının çoxillik işlənmə və istismar təcrübələri göstərmişdir ki, daxili izolyasiyanın ən uyğun və optimal konstruksiyası onların müxtəlif materialların kombinasiyasından işləndiyi variantlarıdır. Belə kombinə edilmiş materiallar müxtəlif funksiyaları ilə biri-birini tamamlayırlar. Məlumdur ki, bütün hallarda daxili izolyasiyada mexaniki möhkəmliyi təmin edən əsas tərkib bərk dielektrikdir. Onlar həm də yüksək elektrik möhkəmliyi və kimyəvi davamlılığa malik olurlar. Lakin, bərk dielektriklər aşağı istilik ötürmə xassələrinə malikdirlər və onların istehsalı, xüsusilə də mexaniki emal üsulları mürəkkəb və çətin olur. Onların əsas çatışmazlıqlarından biri də fərqli istilik, elektrik xassələrinə malik olmaları və elektrodlarla kontakt yerində qaz qabarcıqlarının qalmasıdır. Tərkibdə qaz qabarcıqları olduqda isə, işçi gərginlikdə belə qismi boşalmalar izolyasiyanın köhnəlməsini sürətləndirir. Bu qüsurlar izolyasiyaya təzyiq altında qaz və ya maye vurmaqla aradan qaldırılır. Qaz və maye maddələr ixtiyari formalı izolyasiya aralıqlarını asanlıqla doldurur, çox kiçik ölçüdə olan aralıqlar və yarıqları tuturlar. Nəticədə uzun müddətli elektrik möhkəmliyi xeyli artır.

4.1.3. Daxili izolyasiyanın istilik və nəmlənmə təsirindən köhnəlməsi. Elektrokimyəvi deşilmə

Elektrotexniki qurğu və avadanlıqların iqtisadi səmərəliliyini artırmaq üçün onlarda aktiv elementlərin temperaturunun yüksəlməsi qaçılmaz olur. Məsələn, kabel damarları, transformator və elektrik maşınlarının dolaqları, açarların kontaktları, maqnit içliklər və s. iqtisadi səmərəlilik tələblərilə qızmaya məruz qalırlar. Temperaturun bu şəkildə artırılması, elektrik izolyasiyasının xüsusiyyətləri ilə məhdudlaşır. Çünki, temperatur artdıqca, izolyasiyanın köhnəlməsi və dağılma prosesləri sürətlənir. Üzvi quruluşlu izolyasiyanın termiki köhnəlməsi əsasən kimyəvi proseslər nəticəsində meydana çıxır. Baş verən kimyəvi proseslər: -oksidləşmə, polimerlərin destruksiyası, polikondensasiya ilə müşahidə edilir. Temperaturun artımı kimyəvi prosesi sürətləndirir. Qismi boşalmalar (QB) isə, bu prosesləri daha çox artırır. QB təsiri və istiliyin artması ilə kimyəvi reaksiyalar, mikroradikalların oksigen və digər parçalanmış aktiv maddələrlə (azot və sulfat turşu qalıqları – NO_2 , SO_3 , CO və s.) gedən reaksiyalar intensivləşir.

Əgər verilmiş maddənin vahid həcmində ilkin molekullarının sayı N_0 , t müddətindən sonra isə N_t olarsa, burada gedən kimyəvi reaksiyanın sürəti aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$-\frac{dN_t}{dt} = K_t N_t, \quad (4.1.1)$$

burada K_t –vahid zamanda molekulanın parçalanma ehtimalını və ya kimyəvi reaksiyanın sürətini göstərən əmsaldır. Reaksiyanın K_t sürəti temperaturdan asılı olaraq Arrenius qanunu ilə yazılır: $K_t = K_0 \cdot e^{-\frac{W_a}{kT}}$

Temperaturundan asılı olaraq, izolyasiyanın resursu aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\tau_r = B \cdot e^{W_a/(kT)}, \quad (4.1.2)$$

Üzvi quruluşlu izolyasiyada kimyəvi parçalanma sürəti, temperaturun hər 10^0 C artımında iki dəfə çoxalır. Bu proses müxtəlif yollarla keçir. Məsələn, sellülozanın termik destruksiyası polimerləşmə dərəcəsinin azalması ilə keçir. Sellüloza molekulalarında struktur zəncirlərinin qırılması, mexaniki möhkəmliyin azalması, kağız və kartonun elastikliyinə (çevikliyinə) azalması və kövrəkləşmə ilə müşahidə olunur.

$$N_t = N_0 \cdot e^{-K_t t} \quad (4.1.3)$$

Çox hallarda $N_m/N_0=C_1$ nisbətinin müəyyən bir qiymətində termik parçalanma və məmulatın sıradan çıxdığını təyin etmək mümkün olur. Bu halda (4.1.2) və (4.1.3) ifadələrinə əsasən T_1 və T_2 temperaturlarında elementlərin resursları arasında aşağıdakı nisbəti yazmaq olar:

$$\tau_{r1} \cdot e^{-W_a/(kT_1)} = \tau_{r2} \cdot e^{-W_a/(kT_2)} \quad (4.1.4)$$

və ya başqa şəkildə :

$$\frac{\tau_{r2}}{\tau_{r1}} = e^{-\frac{W_a}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)} \quad (4.1.5)$$

Müəyyən T_1 temperaturası üçün, $B = \tau_{r1} \cdot e^{-W_a/(kT_1)}$ qəbul edilərsə, ixtiyari T asılı olaraq izolyasiya resursu aşağıdakı ifadə ilə yazılır:

$$\tau_r = B \cdot e^{W_a/(kT)} \quad (4.1.6)$$

Üzvi quruluşu izolyasiyada kimyəvi parçalanmaların sürəti, temperaturun hər 10^0 C-də artması ilə iki dəfə artır. Bu proses kağız və yağda müxtəlif cür olur. Məsələn, sellülozanın termik destruksiyası polimerləşmə dərəcəsinin azalması ilə keçir. Sellüloza molekulalarında struktur zəncirlərin qırılması, mexaniki möhkəmliyin azalması, kağız və kartonun elastikliyinə itməsi və kövrəkləşməsi ilə müşahidə olunur. Transformator, kondensator və s-n kağız və karton izolyasiyasında istifadə edilən sellüloza molekulasının ilkin polimerləşmə dərəcəsi 1300 radikaldan $[C_6O_5 H_{10}]$ ibarət olur. Köhnəlmədən sonra isə, bu 100-200-ə qədər azalır, asanlıqla ovxalanıb tökülür. Kağız və karton təkcə izolyasiya kimi deyil, həm də konstruksiya materialı olduqlarından, mexaniki möhkəmliyin bu şəkildə itirilməsi yol verilməzdir. Termik təsirlərdən köhnəlmiş kağızın elektrik xassələri nisbətən qalsa da, mexaniki möhkəmliyin itirilməsilə, yaranan parçalar və çatlar deşilməyə səbəb

olur, avadanlıq sıradan çıxır. Maddələrin bu şəkildə köhnəlməsi elektrokimyəvi deşilmə ilə nəticələnir. İzolyasiya yağları və digər maye dielektriklərin kimyəvi köhnəlməsi isə, özünü hər şeydən çox oksidləşmə ilə göstərir. Quru olan oksidləşmiş yağın elektrik möhkəmliyi təzə yağın elektrik möhkəmliyindən çox da fərqlənmir. Lakin köhnə yağda $\text{tg}\delta$ və xüsusi keçiricilik – γ daha çox artır.

Havada yüksək nəmlik və istilik olduqda elektrokimyəvi deşilmə də sürətlənir. Deşilmənin bu növü materialların müqavimətini və elektrik möhkəmliyini azaldır. Sabit və aşağı tezlikli gərginliklərdə elektrokimyəvi deşilmə daha sürətli olur. Qapalı məsələlərdə qaz qabarcıqlarının ionlaşması, istilik effekti və bərpaedici kimyəvi reaksiyalara səbəb olan yüksək tezlikli dəyişən gərginliklərdə də sürətlənir.

Elektrokimyəvi deşilmə uzun müddətli prosesdir. Tərkibində dəyişən valentli metal oksidi olan (məsələn, TiO_2) aktiv keramikada və bir sıra üzvi polimerlərdə çox müşahidə edilir.

4.1.4. Bərk izolyasiyanın “yaşama” sı

Bərk izolyasiyada elektrik, mexaniki gərginliklər, istilik, kimyəvi aqressiv mühitlərin təsiri ilə baş verən hal dəyişikliyi “yaşama prosesi” adlanır. Bu proses texniki vəziyyətə uyğun olan “yaşama əyrisi ilə izah edilir. Yaşama əyrisi termofluktasiya nəzəriyyəsinə görə yazılır. Bu nəzəriyyəyə əsasən, bərk dielektriki bir maddə kimi saxlayan rabitələrin qırılmasına səbəb istilik enerjisidir. Bu enerji atomlararası cazibə enerjisindən böyük olduqda rabitələr qırılmağa başlayır. Qırılan rabitə son anda yenidən bərpa (rekombinasiya) oluna bilər. Ona görə işçi temperatur həddlərində olan istilik enerjisi materialın dağılmasına səbəb olur.

İstiliklə eyni zamanda təsir edən mexaniki enerji isə izolyasiyanın dağılmasını sürətləndirir. Mexaniki qüvvə təsir etdikdə atomlar arası məsafə artıdığından cazibə enerjisi azalır. Nəticədə rabitənin qırılması üçün lazım olan potensial baryer və tələb olunan istilik enerjisi də azalmış olur. Bu halda qırılan rabitələrin rekombinasiya ehtimalları da azalmış olur. Termofluktasiyaya əsasən mexaniki qüvvə rabitələrin qırılmasını asanlaşdırsa da, onların dağılması üçün əsas olur. Çünki hər iki qüvvə eyni zamanda təsir etməlidir. Yaşama prosesinin analizi üçün qarşılıqlı cazibə enerjisinin potensial funksiyası $W(r)$ olan termofluktasiya ifadəsinə baxaq:

$$W(r) = D \left[e^{-2(r-R)/a} - 2e^{-(r-R/a)} \right] \quad (4.1.7)$$

burada D -rabitənin qırılması üçün sərf olunan dissosiasiya enerjisi, r –atomlar arası dəyişən məsafə, R - atomlara arası tarazlıq məsafəsi, a –atomların rəqsi hərəkətinin qeyri harmoniklik əmsəlidir.

Rabitələrə mexaniki dartı qüvvəsi f təsir etdikdə, atomlar arası məsafələr artır. Bu zaman onların qarşılıqlı təsir enerjisi üçün aşağıdakı ifadə yazılır:

$$V(r) = W(r) - (r - R)f \quad (4.1.8)$$

Şək.4.1.1-də (4.1.8) tənliyi əsasında qurulmuş əyrilər göstərilmişdir. Atomlar arası qarşılıqlı təsir enerjisinin r -dən asılılığı göstərir ki, $f=0$ olduqda rabitənin qırılması üçün məsafəni sonsuz artırmaq lazımdır, şək.4.1.1, r_1 nöqtəsində $f=0$ olduqda rabitənin qırılmasına sərf olunan enerji D -yə bərabərdir. Əgər atomlar arası məsafə r_2 -dən böyük olarsa, rabitə f -in kiçik qiymətində qırırlar. Bu nöqtədə rabitənin qırılması üçün sərf olunan potensial enerji- ΔV maksimal və minimal enerjilərin fərqinə bərabər olacaqdır:

$$\Delta V = V(r_2) - V(r_1) \quad (4.1.9)$$

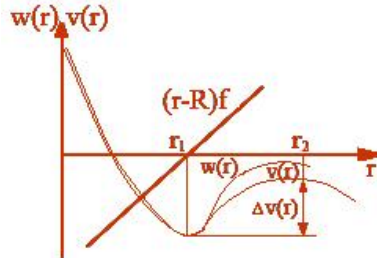
Maksimum və minimum potensial enerjilərə uyğun olan r_1 və r_2 nöqtələrin hesablanması üçün (4.1.8) ifadəsindən $\Delta V(r)$ funksiyasının ekstremumları təyin edilir:

$$dV(r)/dr = 0 \quad (4.1.10)$$

$$\text{və ya } D \left[-\frac{2}{a} e^{-2(r-R)/a} + \frac{2}{a} e^{-(r-R)/a} \right] - f = 0 \quad (4.1.11)$$

$y = e^{-(r-R)/a}$ əvəzləməsini (4.1.11)-də nəzərə alsaq, aşağıdakı kvadrat tənlik yazılır:

$$y^2 - y + \frac{af}{2D} = 0 \quad (4.1.12)$$



Şək. 4.1.1. Atomlar arası qarşılıqlı təsir enerjisi r -dən asılılıq əyriləri

Tənliyin həllindən alınmış funksiyalara görə, atomlar arası potensial enerjinin minimal qiymətinə, aşağıdakı ifadələr uyğun gəlir.

$$e^{-(r_1-R)/a} = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{2af}{D}} \right) \quad (4.1.13)$$

Maksimal qiymətinə isə,

$$e^{-(r_2-R)/a} = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2af}{D}} \right) \quad (4.1.14)$$

(4.1.13), (4.1.14) ifadələrindən r_1 və r_2 –yə aid çevirmələri (4.1.9)-da nəzərə alsaq ΔV üçün aşağıdakı asılılıqları yazmaq olar:

$$\Delta V = D \sqrt{1 - \frac{2af}{D}} - af \ln \left(\frac{D}{af} + \frac{D}{af} \sqrt{1 - \frac{2af}{D}} - 1 \right) \quad (4.1.15)$$

$x=af/D$ əvəzləməsini (4.1.15)-də yazaraq ΔV üçün yeni ifadə yazılır:

$$\Delta V = D \left[\sqrt{1 - 2x} - x \ln \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x} \sqrt{1 - 2x} - 1 \right) \right] \quad (4.1.16)$$

Buradan isə, $\Delta V = D \cdot \varphi(x)$ kimi ifadə alınır.

$\varphi(x) = \sqrt{1 - 2x} - x \cdot \ln \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x} \cdot \sqrt{1 - 2x} - 1 \right)$ funksiyası rabitələrə düşən yüklənmələri göstərir. Bu funksiya rabitələr arası cazibələrə dartılma qüvvəsi təsir etdikdə, potensial baryerin nisbi azalmasını ifadə edir.

Atomların istilik rəqlənmə enerjisi ilə artan yüklənmə fluktasiyası hesabına vahid zamanda rabitənin qırılma ehtimalı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$q_{qir} = \frac{1}{\tau_0} e^{-\Delta V / 2kT} = \frac{1}{\tau_0} e^{-D\varphi(x) / 2kT} \quad (4.1.17)$$

burada $1/\tau_0$ –atomların məxsusi rəqlənmə tezliyi, k –Bolsman sabiti, T -mütləq temperatur, $e^{-D\varphi(x)/2kT}$ -bir rəqlənmədə rabitənin qırılma ehtimalıdır. Sonuncu ifadə bərk izolyasiyanın yaşama müddətini təyin edir. Onun üçün, $q\tau = 1$ yazılır. Gətirilmiş tənliklərə əsasən bərk izolyasiyanın yaşama müddəti üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$\tau = \tau_0 \cdot e^{D\varphi(x)/2kT} \quad (4.1.18)$$

x -n mexaniki gərginlik əmsalı σ ilə ifadə edilməsi üçün: $-\sigma = f_{or} \cdot N_l$ kimi yazılır. Rabitələrin orta cazibə qüvvəsi qırılan rabitəyə təsir edən qüvvədən e dəfə kiçikdir: $-f_{or} = f/e$.

Vahid en kəsiyində polimer dielektriklər üçün yüklənmiş rabitələrin sayı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$N_1 = \frac{N_A \rho \cdot R \cdot n_M}{M \cdot \alpha} \left(1 - \frac{2m}{m_z} \right) \quad (4.1.19)$$

burada $N_A = 6,02 \cdot 10^{26}$ $1/kmol$ – Avoqadro ədədi, ρ -polimerin sıxlığı, n_m -polimer molekulanın əsas zəncirində olan rabitələrin sayı, M -polimerin molekulyar kütləsi, α –polimer strukturunun düzülüş əmsalı, m -polimerin yüklənməmiş hissəsinin molekulyar kütləsi, m_z -polimer zəncirinin orta asılılıq kütləsidir. Son ifadələrdən qırılan rabitəyə təsir edən qüvvə üçün yazmaq olar:

$$f = \frac{e\alpha M}{N_A \rho \cdot R \cdot n_M \left(1 - \frac{2m}{m_z} \right)} \cdot \sigma \quad (4.1.20)$$

f -i nəzərə alaraq, x və γ üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$x = \frac{e\alpha \cdot M \cdot a}{D \cdot N_A \rho \cdot R \cdot n_M \left(1 - \frac{2m}{m_z}\right)} \cdot \sigma \quad (4.1.21)$$

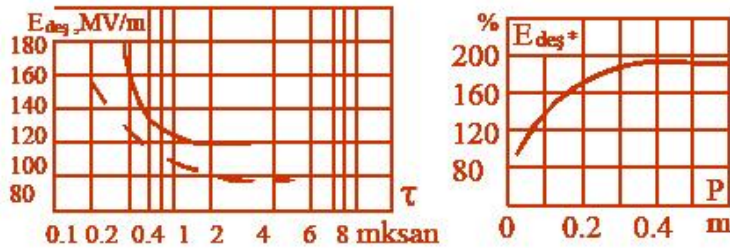
$$\gamma = \frac{e\alpha \cdot M \cdot a}{D \cdot N_A \rho \cdot R \cdot n_M \left(1 - \frac{2m}{m_z}\right)} \quad (4.1.22)$$

burada γ –quruluş həssaslıq əmsalıdır, polimerin əsas zəncirinin bir yüklənmiş rəbitəsinə düşən həcmi göstərir. Qeyri üzvi quruluşlu maddələr üçün

$\gamma = \frac{eMa}{N_A \cdot \rho R \cdot n_M}$ olar. Mexaniki qüvvə təsir etdikdə x üçün: $x = \frac{\gamma\sigma}{D}$ olar.

4.1.6. Çox qatlı izolyasiyanın elektrik möhkəmliyinin artırılması yolları

Yüksək gərginlikli elektrik izolyasiya konstruksiyaları ən çox yağ-kağız və yağ-baryer tərkiblərdən ibarət olur. Hər iki izolyasiyanın əsası elektrotexniki kağızdır. Vahid həcmdə olan sıxlığı və çəkisinə görə 1000 kg/m³ və 1200 kg/m³ (KON 1 və KON 2) markalı kabel kağızları istifadə edilir. Transformatorların əsas və uzununa izolyasiyasında qalınlığı 15 mkm olan kağızlardan istifadə edilir. Yağ-kağız izolyasiyaı daha böyük qısa və uzunmüddətli elektrik möhkəmliyinə malikdir şək.4.1.4. Şəkildə özülü yağla hopdurulmuş yağ-kağız izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinin gərginliyin təsir müddətindən asılılığı verilmişdir. Göründüyü kimi, gərginliyin kiçik ekspozisiyalarında elektrik möhkəmliyi xeyli artmış olur. Əgər, hopdurucu maye təbəqəsinin elektrik möhkəmliyi artırılarsa, yağ-kağız izolyasiyasının möhkəmliyi də artacaqdır. Yağın elektrik möhkəmliyinin artırılması üsullarından biri, onun təzyiqinin artırılmasıdır. Şək.4.1.4-də deşilmədə sahə gərginliyinin (elektrik möhkəmliyi) təzyiq asılılığı verilmişdir.



Şək. 4.1.4. Tək damarlı, özülü yağla hopdurulmuş kabel izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinin- E_{deg} gərginliyinin təsir müddətindən asılılığı 1-müsbət qütblü impuls deşilmə əyrisi 2-impulsun mənfi qütblüyü E_{deg}^* %-lə verilir

Şək.4.1.5 Yağ-kağız izolyasiyasında təzyiqin artması ilə elektrik möhkəmliyinin nisbi artımı

Şək.4.1.5-dən görünür ki, təzyiq 0,1 MPa-dan 0,6 MPa qədər dəyişdikdə elektrik möhkəmliyi iki dəfə artır. Temperatur artdıqca yağ və kağızın elektrik möhkəmlikləri azalır. Kabellərin yağ-kağız izolyasiyasının temperaturu 20-dən 60 °C-ə qədər artdıqda, deşilmə gərginliyi xətti azalır və bu asılılıq aşağıdakı ifadə ilə yazılır:

$$U_{dest} = U_{des20^0} [1 - \alpha(t - 20)] \quad (4.1.29)$$

burada $U_{deşt}$ -izolyasiyanın t °C temperaturunda deşilmə gərginliyi; $U_{deş20^0}$ – 20°C; α -deşilmə gərginliyinin temperatur asılılığı 0,0054 °C⁻¹ qiymətli əmsaldır.

Yağ-kağız izolyasiyası uzunömürlülüyə malikdir. Elektrik sahəsinin təsiri ilə yağ-kağız izolyasiyasının işdən imtina etməsi aşağıdakı hallarda baş verir: 1) qismi boşalma olmadığı halda kağızın deşilməsi, 2) kritik hala keçməyən seyrək qismi boşalmaların, deşilmədən əvvəlki hala qədər davam etməsi; 3) sürətli kritik hala keçən qismi boşalmalar olduqda.

Birinci imtina halları, elektrik sahə gərginliyinin nisbətən aşağı qiymətləri ilə və yağ aralığında qismi boşalma olmadığı vəziyyətlə xarakterikdir. Yağ, daima hərəkətdə olan molekulları hesabına quruluşunun təzələnməsi səbəbilə, elektrik möhkəmliyinin zamandan asılı olmadığından, izolyasiyanın dağılması kağızın parçalanması ilə baş verir. Kağızın dağılma müddəti isə, (4.1.17) və (4.1.18) formullarından “yaşama əyrisinə” görə təyin edilir. Lakin, kağızda elektrik sahə gərginliyi, yağ aralıqlarına nisbətən 3 dəfə aşağı olduğundan izolyasiyanın xidmət müddəti xeyli böyük olacaqdır. Bir-iki qat kağız izolyasiyası deşildikdə, yağ aralıqlarında və yerdə qalan deşilməmiş kağız qatlarında ESG kəskin olaraq artır. Nəticədə, elektrik sahəsinin sonrakı paylanması deşilmə kanalının sürətlə inkişaf etməsinə gətirir. İzolyasiyanın “Yaşama əyrisi”-nə görə təyin edilən xidmət müddəti, dağılma prosesi nəzərə alınmadığından kiçik olur. Qızdırıcı kondensatorlarında, aşağı sahə gərginliklərində və yüksək temperaturalarda işləyən yağ-kağız izolyasiyasının imtina etməsi bu səbəblərdəndir.

İkinci halda tətbiq edilən gərginlik elə həddə çatır ki, ixtiyari yerdə yağ aralığının deşilməsi baş verir. Nəticədə yağ aralığının qismi boşalma intensivliyi artır və QB yağın kiçik molekullı qazlara parçalanmasına səbəb olur. Lakin vahid qismi boşalmalarda parçalanma məhsulları az olduğundan, olar ya yağda həll olur və ya diffuziya yolu ilə izolyasiyadan kənara çıxırlar. Əgər tətbiq edilən gərginlik, qismi boşalma gərginliyini aşarsa, onda hər dəfə izolyasiyanın yeni yerlərində seyrək qismi boşalmalar olacaqdır. Bu hal izolyasiyanın qızmasına və yerli ESG-nin artmasına səbəb olur. Nəticədə izolyasiyanın R resursu sürətlə tükənir. Bir qismi boşalma müddəti kiçik olduğundan və hər yeni QB təzə yerdə yarandığından izolyasiyanın resurs tükənməsi nəzərdən atılır.

4.1.7. Mayelərdə bərk izolyasiyanın səthi boşalmaları

Maye izolyasiyanın bir sıra xassələri qeyribircinsli elektrik sahəsində ESG-nin artması ilə yaranan deşilmələrdə aydınlaşır. Bərk izolyasiyada olduğu kimi, mayelərdə də deşilmə gərginliyi, elektrik sahə gərginliyi istiqamətində böyük həcmli qeyribircinsli yerlərin olma ehtimalının azalması ilə azalır. İmpuls gərginliklərdə yağın boşalma gərginliyi dəyişən gərginlikdən böyük olur:

$$\chi_{imp} = \frac{U_{imp\ bos}}{U_{50Hs\ amp}} \quad (4.1.30)$$

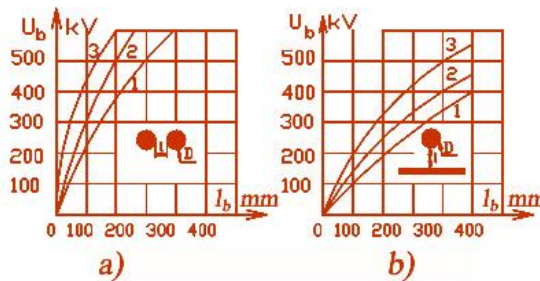
burada $U_{imp\ bos}$ – impuls boşalma gərginliyi, $U_{50\ Hs\ amp}$ – dəyişən gərginlikdə boşalma gərginliyinin amplitude qiyməti, χ_{imp} - boşalmanın impuls əmsalıdır.

Kürə -müstəvi elektrodlar üçün kürənin diametri 0.5 m, ara məsafəsi 0,1 m olarsa, $\chi_{imp}=3$, iynə müstəvi elektrodlar arasında isə, $\chi_{imp}=1,7$ olacaqdır.

Silindrik elektrodlar üçün mayenin deşilmə gərginliyi və ESG-nin qiymətləri aşağıda verilmişdir: $U_{bos} = E_{bos} r \cdot \ln \frac{R}{r}$ (4.1.31)

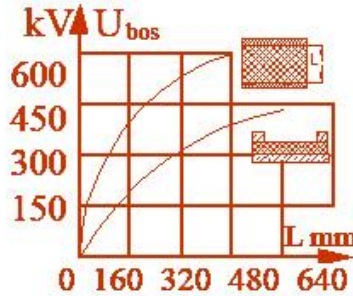
E_{bos} –yağın elektrik möhkəmliyidir:- $E_{bos} = 1 + \frac{37}{\sqrt{r}}$ kimi təyin edilir.

Transformator yağının iki paralel müstəvi və silindrlə müstəvi arasında boşalma gərginliklərinin məsafədən asılılıq qrafikləri aşağıda verilmişdir Şək.4.1.6. Yağ doldurulmuş aparatlarda bərk izolyasiya ilə mayenin toxunan səthində ESG qeyri bərabər olur. Şək.4.1.17-də elektrotexniki kartonda ESG normal istiqamətdə, kiçik və böyük ESG qiymətləri üçün asılılıqlar verilmişdir. ESG-nin böyük normal qiymətləri səthi boşalma gərginliyinin qiymətini azaldır. Sahə gərginliyinin kiçik qiymətlərində yağın keyfiyyəti artdıqca səthi boşalma gərginliyi də artır. Gərginliyin böyük normal hallarında, yağın nəmliyi artdıqca səthi boşalma gərginliyinin qiyməti artır. Çünki nəmlik ilk anlarda səth boyu gərginlik paylanmasını bərabərləşdirir.



Şək 4.1.6 a) 50 Hs gərginlik təsir etdikdə a) silindr-silindr, b) silindr-müstəvi elektrodlar arası məsafənin deşilmələrin məsafə asılılıqları 1) $D=25$, 2) $D=50$ 3) $D=110$ mm əyriləri göstərir

Sahə gərginliyinin səthə perpendikulyar təsir edən qiyməti kifayət qədər olduqda, tətbiq edilən gərginlikdən asılı olaraq, yağda əvvəlcə taclanma, sonra isə sürüşən boşalma və səthin qövsülə bürünməsi kimi elektrik hadisələri baş verir. Bu proseslər empirik ifadələrlə yazılır.



Şək.4.1.7. Elektrokarton üçün transformator yağında 50 Hs-li gərginlik təsiri ilə boşalma gərginliyinin məsafədən asılılıq qrafikləri

Kağız-bakelit izolyasiyasında dəyişən gərginlik təsiri ilə yaranan taclanma aşağıdakı empirik ifadə ilə yazılır [25]:

$$U_{tac} = 121 \cdot \Delta^{0,45} \quad (4.1.32)$$

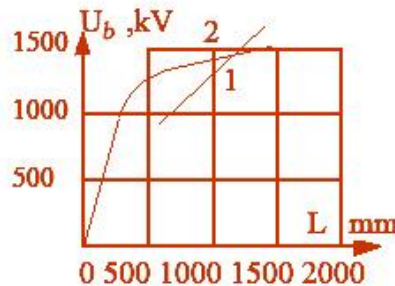
Səth üzrə sürüşən boşalma gərginliyi isə,

$$U_{sür\ boş} = 310 \cdot \Delta^{0,45} \quad olur \quad (4.1.33)$$

Yağ-kağız izolyasiyası üçün, dayanıqlı və dayanıqsız tac boşalma gərginliyi Кучински empirik ifadələrinə görə hesablanır [20]: Dayanıqsız – $U_{tacd-sız} = 182 \cdot \Delta^{0,42}$ və dayanıqlı tac: - $U_{tavd-lı} = 327 \cdot \Delta^{0,42}$ (4.1.34)

İfadələrdə Δ –izolyasiyanın m-lə götürülmüş qalınlıqlarıdır.

Maraqlıdır ki, elektrodlar arası məsafənin böyük qiymətlərində yağda elektrik boşalma gərginliklərinin qiymətləri, havanın boşalma gərginliyindən də kiçik olur şək.4.1.8.



Şək.4.1.8.İmpuls gərginliyinin təsiri ilə bərk dielektrik səthi üzrə havada -1 və yağda -2 boşalma gərginliklərinin məsafə asılılıqları

Dayanıqsız tac boşalmasının gərginlikləri 40% səpələnmə verir. Variasiya əmsalı isə 0,1-0,15 arasında dəyişir. Dayanıqlı tac boşalma

gərginlikləri 5-10% qiymətlər fərqi vverir. Bu halda variyasiya əmsalı 0,02-0,04 olur.

Transformator, açar girim və dolaqları və kabel muftalarının izolyasiya elementləri yağda işləyən silindrik formalı dielektriklərdən ibarətdir. Bütün dielektriklərdə olduğu kimi, yağlarda yerləşdirilmiş bu dielektriklərin deşilmə gərginlikləri aşağıdakı empirik ifadə ilə hesablanır:

$$U_{boş} = U_{sür\ boş} + E_q \cdot l$$

burada $U_{sürboş}$ səthi və ya sürüşən boşalma gərginliyi, E_q səthin qövslə qapanması ESG-dir, l – qövslə bürünən səthin uzunluğudur. Yağ-kağız və bakelit izolyasiyaları üçün və elektrodlar arası məsafə 0.15 m üçün, E_q , 600-650 kV/m qiymətlər alır.

4.2.1. Qismi boşalmaların təsirlə izolyasiyanın köhnəlməsi

İstismar zamanı izolyasiyanın köhnəlməsi kompleks təsirlər səbəbilə çox tərəflidir. Lakin yüksək ESG təsirindən izolyasiyanın köhnəlməsi daha çox ehtimal daşıyır. Çoxlu sayda təcrübələr göstərmişdir ki, izolyasiyanın köhnəlməsinin əsas səbəbi qismi boşalmalardır. Onlar izolyasiyanın zəif yerlərində qaz qabarcıqları, aşqarlar, boşluqlar və sahə gərginliklərinin kəskin artdığı iti uclar yaxınlığında baş verir. Çünki izolyasiyanın tərkibində olan qaz qabarcıqlarının elektrik möhkəmliyi maye və bərk dielektrikin elektrik möhkəmliyindən kiçikdir. Qaz qabarcığında sahə gərginliyi həmişə, maye və bərk dielektrikdə olan ESG dən çox olur. Məsələn, izolyasiyanın tərkibində kürəvi formada olan qaz qabarcığında ESG- E_q aşağıdakı kimi hesablanır:

$$E_q = E_D \cdot \frac{3\varepsilon_d}{\varepsilon_q + 2\varepsilon_d} \approx E_D \cdot \frac{3\varepsilon_{dq}}{1 + 2\varepsilon_{dq}} \quad (4.2.1)$$

burada E_D – qaz qabarcıqı olmayan, dielektrik nüfuzluluğu isə, ε_d olan izolyasiya hissəsinin ESG-yi və $\varepsilon_d \approx \varepsilon_0$, $\varepsilon_{dq} = \varepsilon_d / \varepsilon_0$. Elektrik sahəsinin qüvvə xətlərinə nəzərən eninə yerləşmiş, yarıq şəklində olan qabarcıqlar üçün:

$$E_q = E_D \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_q} \approx E_D \varepsilon_{dq} \quad (4.2.2)$$

Qaz qabarcıqları olmayan maye və bərk dielektriklərdə qismi boşalmalar mənfi elektrodun səthindən emissiya edən elektronlarla baş verir. Müsbət qütblü elektrodarda isə oxşar hadisələr deşiklərin hesabına meydana çıxır. Bu halda injeksiya edən yüklər dielektriklərə toplanaraq, lokal ESG yaradırlar. İzolyasiyanın elektrik möhkəmliyinin qəflətən deşilməsi ilə yox, dielektrikdə quruluşun dağılması və QB təsirindən toplanan defektlər hesabına

baş verirsə, bu zaman izolyasiyanın resursundan istifadə edilir. QB –da resurs R , yaşama müddəti τ_r –dən asılı olaraq aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$R = B \int_0^{\tau_r} P_{qb} dt \quad (4.2.3)$$

burada B - ICl enerjisi olan qismi boşalma hesabına dağılan izolyasiya maddəsinin həcmi göstərən əmsəldir.

ESG, böyük tezliklə dəyişən qütblüklərdə daha çox olur. Alınan yüksək, $5 \cdot 10^2$ kV/sm və daha böyük ESG-də, dielektrikdə mikrodeşilmələr və izolyasiyada yerli dağılmalar baş verir. Nəticədə bərk dielektrikin səthində budaqlanan cığır izləri açılır. Bunlara “dendrit” deyilir. Dendritlər tədricən qazla dolur və qismi boşalmaların daha da intensivləşməsinə səbəb olur. QB-la maye və bərk dielektriklərin dağılması qaz ayrılması ilə baş verir. Ayrılan qazlar H_2 (Hidrogen) və C_nH_{2n} (karbohidrogen) tərkiblərindən ibarət olur.

4.2.2. Qismi boşalmaların xarakteristikaları və hesabatları

Qismi boşalmaların izolyasiyanın dağılmasına səbəb olan, bir neçə təsirləri vardır. Hər vahid qismi boşalma, qaz qabarcığından keçən müəyyən q yükü və xarici elektrodda bu yükə uyğun ΔU_x gərginlik dəyişməsinə səbəb olur. Qismi boşalma üçün ekvivalent sxemə baxıldıqda, C_x tutumunun üç tutumdan ibarət olduğu görünür şəkl.4.2.1:



Şəkl.4.2.1. Dielektrikdə qismi boşalmaların hesabatlarına aid sxemlər

C_h - qismi boşalma yaranan hava qabarcığının tutumu; C_d –qabarcıqla ardıcıl olan dielektrikin tutumu; C_a - qabarcıqsız olan sağlam dielektrikin tutumu. Hesabat sxemlərinə əsasən C_x üçün aşağıdakı ifadə yazılır:

$$C_x = C_a + \frac{C_h \cdot C_d}{C_h + C_d} \quad (4.2.4)$$

Əgər, $C_a \gg C_h$ və $C_a \gg C_d$ olarsa, qismi boşalma zamanı qaz qabarcığından keçən q yükü aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$q = (C_h + C_d) \cdot (U_{hyan} - U_{hson}) = (C_h + C_d) \cdot \Delta U_h \quad (4.2.5)$$

burada $U_{h\ yan}$ və $U_{h\ sön}$ uyğun olaraq, qabarcıqda qismi boşalmanın yanma və sönmə gərginlikləridir; $\Delta U_h = U_{h\ yan} + U_{h\ sön}$ kimi əvəz edilir.

q yükü praktiki olaraq ölçülə bilmir. Çünki o, sınaq olunan dielektrikin içərisində nisbətən kiçik ölçülərdə olur. Ona görə analizlər üçün, obyektə başlayan qismi boşalmalar zamanı sabit tutumu olan obyektin elektrodlarında, fiktiv q_{qb} qismi boşalma yüklərinin yaratdığı gərginlik dəyişməsinə ölçüb qeyd etmək daha doğru olur:- $\Delta U_x = q_{qb}/C_x$. Burada q_{qb} yükünə qismi boşalmanın gərginliyin dəyişməsinə səbəb olan “zənn edilən” yükü deyilir. QB-nın zənn edilən yükü elə yükə deyilir ki, onlar sınaq olunan obyektin çıxışlarına ani təsir etdikdə, orada real qismi boşalmada olan gərginlik dəyişməsinə bərabər gərginlik yaratmış olsun.

Zənn edilən q_{qb} və real q yükləri arasında aşağıdakı ifadələr yazılır:

$$q_{qb} = \Delta U_x C_x = \Delta U_h \cdot C_d = q \frac{C_d}{C_h + C_d} \quad (4.2.6)$$

Hər vahid qismi boşalma, sınaq olunan obyektədən W_{qb} enerji ayrılmasına səbəb olur. Bu enerji isə, dielektrikin dağılmasına səbəb olur. Əksər hallarda, $C_a \gg C_d$ olduğu üçün QB-da ayrılan enerji aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$W_{qb} = \frac{C_d + C_h}{2} (U_{h\ yan}^2 + U_{h\ sön}^2), \quad (4.2.7)$$

Əgər, $U_{h\ yan} \approx U_{h\ sön}$ –olduğunu, (4.2.6) və (4.2.7) –də nəzərə alsaq,

$$W_{qb} \approx q U_{h\ yan} = q_{qb} \cdot U_{qb} \quad \text{yazılır.} \quad (4.2.8)$$

Burada U_{qb} sınaq olunan obyektin qismi boşalma gərginliyidir.

$$U_{qb} = U_{h\ yan} \frac{C_d + C_h}{C_d}, \quad (4.2.9)$$

Əgər, $U_{h\ sön} \ll U_{h\ yan}$ olarsa, QB enerjisi üçün aşağıdakı ifadə yazılır:

$$W_{qb} = q U_{h\ yan} / 2 = q_{qb} U_{qb} / 2. \quad (4.2.10)$$

Qismi boşalmaların intensivliyi və yaranma gərginliyini təyin edən kəmiyyətlərdən başqa, iki qismi boşalma müddətindən çox böyük olan və müəyyən müddət ərzində yaranan orta QB intensivliyinin xarakteristikalarını da təyin etmək lazımdır. Bu inteqral xarakteristikalardan qismi boşalmaların yaranma tezliyi n_{qb} ; orta qismi boşalma cərəyanı- \dot{I}_{qb} , və QB orta gücüdür- P_{qb} .

Əgər, bütün yüklər eyni olarsa $|q_{qb}| = \text{const}$, onda:

$$I_{qb} = n_{qb} \cdot q_{qb} \quad (4.2.11)$$

Əgər yüklər çox fərqlənərsə, onda QB cərəyanı aşağıdakı inteqral ifadə ilə təyin edilir:

$$I_{qb} = \sum_{i=0}^k \frac{|q_{qb(i+1)}| + |q_{qbi}|}{2} (n_{i+1} - n_i), \quad (4.2.12)$$

Burada q_{qbi} i -ci qismi boşalmanın zənn edilən yük səviyyəsi; n_i – zənn edilən yük, i səviyyəsini aşan qismi boşalmaların yaranma tezliyidir ($i=0$ qiyməti, $n=0$ -a uyğundur).

Eyni ilə bütün yüklər bərabər enerji- W_{qb} və gücə- P_{qb} malik olarsa, onda aşağıdakı ifadəs istifadə edilir:

$$P_{qb} = n_{qb} \cdot W_{qb} \quad (4.2.13)$$

Yüklər müxtəlif olduqda isə, inteqral ifadə yazılır:

$$P_{qb} = \sum_{i=1}^k \frac{W_{qb(i+1)} + W_{qbi}}{2} \cdot (n_{i+1} - n_i) \quad (4.2.14)$$

burada W_{qbi} - i səviyyəli QB-n enerjisi; n_i – enerji səviyyəsi i -ni aşan QB tezliyidir.

Yüksək gərginlik avadanlıqlarının izolyasiyasında qaz qabarcıqlarının olmaması üçün xüsusi tədbirlər görülür. Buna baxmayaraq, istehsal zamanı qaz qabarcıqlarının təsadüfən əmələ gəlmə ehtimalı yüksək olaraq qalır. Məsələn, daxili izolyasiyanın qurudulma və yağla hopdurulma prosesində, epoksid qətranın tökmə üsulla hazırlanmasında, farfor və ya şüşənin bişirilməsində, həmçinin istisamr zamanı isitlik dəyişmələri, mexaniki yüklərdən yaranan çatlar, qızmalardan materialdan qaz və laylar ayrılması bunlara aiddir.

Şək.4.2.1 verilmiş sxemə əsasən QB üçün, tutaq ki, izolyasiyaya sinusoidal gərginlik təsir edir: $u = U_m \sin \omega t$. QB olmazsa, qaz qabarcığının C_h – tutumunda $u_h = U_{hm} \cdot \sin \omega t$ gərginliyi olacaqdır. Burada $U_{hm} = U_m C_d / (C_d + C_h)$ -ya bərabərdir. Əgər $U_{hm} \geq U_{h \text{ deş}}$, onda qaz qabarcığında QB baş verəcəkdir. QB-nın yaranma şərti $U_{hm} = U_{h \text{ deş}}$ o halda ödənilir ki, izolyasiyaya tətbiq edilən gərginlik aşağıdakı qiymətə çatsın:

$$U = U_{qb} = \frac{U_{h \text{ yan}}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{C_d + C_h}{C_h} \quad (4.2.15)$$

C_d və C_h müstəvi kondensatorlar üçün aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\left. \begin{aligned} C_d &= \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{ni} S_h}{d - \delta}, \\ C_h &= \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{nh} S_h}{\delta}, \end{aligned} \right\} \quad (4.2.16)$$

burada δ - elektrik sahəsi istiqamətində yerləşən qaz qabarcığının ölçüsüdür; d - izolyasiyanın qalınlığı; S_h - qaz qabarcığının en kəsiyinin sahəsi, ϵ_{nh} və ϵ_{nd} boşluğu dolduran mühitin və izolyasiyanın nisbi dielektrik nüfuzluluqlarıdır.

$\delta \ll d$ olduğu üçün və C_h , C_d (4.2.16)-ni (4.2.15)-də nəzərə alsaq, aşağıdakı ifadələri:

$$U_{qb} = \frac{U_{h des}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\epsilon_{nh} d}{\epsilon_{ni} \delta}. \quad (4.2.17)$$

Bu ifadə bircinsli elektrik sahəsində olan izolyasiya üçün doğrudur. İzolyasiyada isə, elektrik sahəsi adətən qeyri bircinsli olur. Belə olduqda, U_{qb} gərginliyi, qaz qabarcığının yerləşməsindən də asılı olaçaqdır. U_{qb} gərginliyinin ən kiçik qiyməti, qaz qabarcığının ESG-yin böyük olduğu

nöqtəsində yerləşdiyi halda olur. Bu halda, $U_{qb} = \frac{U_{h des}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\epsilon_{nh} d}{\epsilon_{ni} \delta K_{qb}}$ olar. Burada

K_{qb} izolyasiyada elektrik sahəsinin qeyribircinslilik əmsəlidir. Ölçüsü kiçildikcə hava boşluğunun elektrik möhkəmliyi aşağıdakı ifadə ilə artır.

$$E_{moh} = 10^5 \exp \frac{46,8}{\ln \frac{d_1}{4 \cdot 10^{-9}}} \quad (4.2.18)$$

$\delta=0.01-0.005$ mm ölçüsündə olan qaz qabarcığının, Paşen qanununa görə atmosfer təziyiqinə yaxın qiymətlərdə 300 V deşilmə gərginliyi olduğunu bilərək U_{qb} üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$U_{qb} \approx 0,2 \frac{\epsilon_{nh} d}{\epsilon_{ni} \delta K_{qb}}. \quad (4.2.19)$$

İfadədə verilmiş δ ölçüsü və onun elektrodla nəzərə alınmayan yerləşməsi təsadüfi kəmiyyətlərdir. Ona görə, eyni görünüşdə olan izolyasiya nümunələrində aparılan sınaqlarda QB gərginlikləri- U_{qb} 10-25% -ə qədər fərqli qiymətlərlə səpələnir- σ_{qb} . Gərginliyin $U < U_{qb}$ qiymətlərində qismi boşalma yaranmır. Belə gərginlik uzun müddət təsir etdikdə, izolyasiyanın xidmət müddəti azalmır. Ona görə U_{qb} böyük olarsa izolyasiya üçün buraxıla bilən, uzunmüddətli işçi gərginliyi də artırmaq olar.

(4.2.19) ifadəsinə U_{qb} gərginliyinin artırılması yolları görünür. Məsələn, izolyasiyanı mineral yağla hopdurduqda $\epsilon_q=1$ qaz qabarcığının yerinə, $\epsilon_{yağ}=2.2$ olan yağ dolarsa, U_{qb} gərginliyi də 2.2 dəfə artacaqdır. Bundan başqa, yağla dolmuş qabarcığın boşalma gərginliyi də uyğun olaraq artacaqdır. Beləliklə, yağ dolmuş qabarcığın ölçüləri kiçildiyindən, U_{qb} gə 5 dəfəyə yaxın

çoxalır. Ona görə bütün hallarda, qabarcıqların ölçüləri azaldılmalıdır. Çoxqatlı izolyasiya üçün, bu sıx sarğı və preslənmə ilə aparılır. Daxili izolyasiyada QB gərginliyinin artırılması yollarından biri də, elektrik sahəsinin tənzimlənməsi, bərabərləşdirilməsi və K_{qb} qeyribircinslilik əmsalının azaldılmasıdır.

QB-n zamana görə $t=0$ anında izolyasiyaya $u=U_m \sin \omega t$ gərginliyi üçün, $U_{qm} > U_{hdəs}$, lakin t_1 anına qədər $u_h < U_{hdəs}$ olduğundan QB yaranmaz və qaz qabarcığımda gərginlik $U_h = U_{hm} \sin \omega t$ kimi dəyişir. t_1 anında $u_h = U_{hdəs}$ birinci QB yaranır. Bu zaman C_h tutumu, boşalma kanalının R müaviməti ilə şuntlandığından, C_h -da gərginlik sürətlə azalır. Gərginlik $U_{hsön}$ -yə qədər azalarsa boşalma kəsilir. Qabarcıqda gərginliyin azalması 10^{-7} - 10^{-8} saniyə olur.

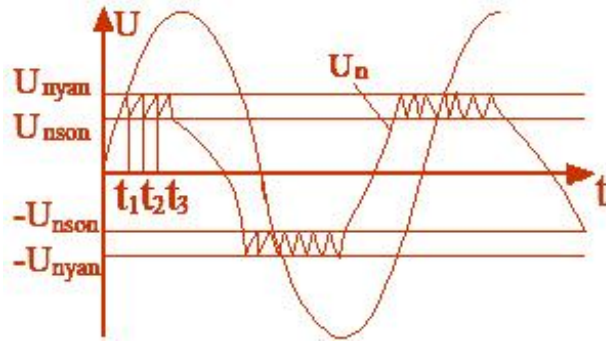
C_h -da yaranan birinci QB-in sönməsindən sonra, qaz qabarcığında gərginlik $t > t_1$ zamanında aşağıdakı kimi dəyişəcəkdir:

$$u_h = \frac{C_d}{C_d + C_h} U_m \sin \omega t - (U_{hyan} - U_{hson}) \quad (4.2.20)$$

u_h -in ifadəsi t_1 - t_2 intervallarında doğru olur. t_2 anında u_h yenidən u_{hyan} -ya çatır və ikinci qismi boşalma yaranır. İkinci QB söndükdən sonra, t_3 anına qədər qaz qabarcığında gərginlik aşağıdakı kimi dəyişir:

$$u_h = \frac{C_d}{C_d + C_h} U_m \sin \omega t - 2(U_{hyan} - U_{hson}) \quad (4.2.21)$$

Beləliklə təkrarlanan qismi boşalmalar qaz qabarcığında göstərilən şəkildə sinusoidal gərginlik dəyişmələrinə səbəb olur şək.4.2.2.



Şək.4.2.2.qaz qabarcığında QB zamanı gərginlik dəyişməsinin ayrılırları

Göründüyü kimi, dəyişən gərginlikdə qismi boşalmalar hər yarımperiodda müntəzəm olaraq təkrarlanır. Qabarcıqda yaranan boşalmalar qütblükdən asılı olmazsa, vahid zamanda, u_{hyan} , $u_{hsön}$ gərginlikləri müəyyən saydə təkrarlanacaqdır:

$$n_f = 4f \cdot \frac{U - \eta U_{qb}}{U_{qb}(1 - \eta)}, \quad (4.2.22)$$

Burada U - tətbiq edilən gərginlik, f -tezlik, $\eta = U_{hsön}/U_{hyan}$ nisbətidir. Təcrübələr göstərir ki, $\eta = 0,5 \div 0,8$. Şəkildə hər QB üçün U_{yan} və $U_{sön}$ gərginlik sıçrayışları görünür. (4.2.22) ifadəsinə uyğun olaraq, vahid zamanda yaranan QB-in minimal sayı $U = U_{qb}$, olan halda $n_{fmin} = 4\phi \cdot f = 50 \text{ Hs}$ üçün $n_{fmin} = 200 \text{ san}^{-1}$ olur.

Əgər izolyasiyada müxtəlif ölçülü və fərqli yerlərdə bir neçə qaz qabarcığı olarsa, onda $U > U_{qbi}$ gərginliyinin təsiri ilə, vahid zamanda yaranan QB-in ümumi sayı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$n_f = 4f \cdot \sum_{i=1}^{i=k} \frac{U - \eta U_{qbi}}{U_{qbi}(1 - \eta)}, \quad (4.2.23)$$

Burada U_{qbi} $-i$ qabarcığında QB yaranma gərginliyi, k - izolyasiyada qabarcıqların sayıdır. (4.2.22) və (4.2.23) ifadələrindən görüldüyü kimi $f=0$ olduqda (sabit gərginlik), QB sayı sıfır olur. Lakin, izolyasiyanın elektrik keçiriciliyinin qaz qabarcığında gərginlik paylanmasına təsiri göstərir ki, sabit gərginlikdə də müntəzəm qismi boşalma baş verir. Sabit gərginlikdə olan QB, 50 Hs dəyişən gərginliyin təsiri ilə olan boşalmalardan 10 dəfə az olur.

4.3.1. Yüksək gərginlikli girimlərin əsas və kritik hesabat parametrləri

110kV və yüksək gərginlikli keçid izolyatorları girim YGG adlandırılır. Hazırda mövcud aparatların bir çoxu (yağ açarları və transformatorlar) 25-30 il əvvəlki girimlərlə işləyirlər. Onların sıradan çıxma etimalları getdikcə artır. Girimlər bahalı və əhəmiyyətli izolyatordur. Onları sıradan çıxmamış müayinə və təmir etmək lazımdır. Çünki, işləyən transformatorun giriminin sıradan çıxması daha böyük xərclərə və problemlərə yol açır. Çünki girimlə bərabər transformatorların da əsaslı təmirə çıxarılması lazım gəlir. Ona görə yüksək gərginlik girimlərinin hesabatları, konstruksiya hissələrinin analizi vacib məsələlərdəndir.

Kondensator tipli izolyasiyası olan YGG-in daxili izolyasiyasında kağız-bakelit, yağ-kağız və yağ-baryer tipli kombinə edilmiş izolyasiyalar işlədilir. Girimlər layihələndirilərkən onların kritik hədlərə yaxın olan, elektrik, istilik və mexaniki parametrləri nəzərə alınır. Bunda məqsəd, həmin göstəricilərə aid kifayət qədər ehtiyat almaq və etibarlılıq almaqdır.

Girimlərin istilik hesabatları, cərəyan ötürən çubuqda istilik şərtinə görə, cərəyanın sıxlığına əsasən təyin edilir:

$$r_c = \sqrt{\frac{I_{nom}}{\pi \cdot J}} \quad (4.3.1)$$

Daxili izolyasiyada ESG-in tənzimlənməsi və bu zaman ESG-in aksial təşkilədicisinin sabitliyi şərtinə əsasən elektrik hesablatları aşağıdakı ifadələrlə aparılır:

-Kondensator köynəklərinin ölçüləri arasındakı ifadə üçün (3.1.61)-dən:

$$\frac{l_i^2 - l_f^2}{l_{cub}^2 - l_f^2} = \frac{\ln \frac{r_f}{r_i}}{\ln \frac{r_f}{r_{cub}}} \quad (4.3.2)$$

(4.3.2) formulasında l_f , l_{cub} —uyğun olaraq flanes və çubuğun uzunluqları, l_i , r_i , r_{cub} və r_f isə, uyğun olaraq kondensator köynəklərinin uzunluqları, radiusları və çubuqla, flanesin radiuslarıdır.

-Kondensator köynəkləri ilə aksial sahənin tənzimlənməsi nəticəsində buraxıla bilən ESG-yi aşağıdakı maksimal qiyməti kimi hesablanır (3.1.65):

$$E_{r_{\max}} = \frac{U_0}{2r_{cub}} \cdot \frac{1+z}{z \ln z} \quad (4.3.3)$$

və ya cərəyan keçirən içliyin radiusu kimi,

$$r_{cub} = \frac{U_0}{2 \cdot E_{r_{\max}}} \cdot \frac{1+z}{z \cdot \ln z} \quad (4.3.4)$$

$z = \frac{r_f}{r_{cub}} = \frac{l_{cub}}{l_f}$ olub, optimallaşdırılma parametri adlanır.

Elektrik hesablatlarında daxili və xarici izolyasiyada taclanma, sınaq, işçi gərginlik və ESG təyin edilir. Bu məqsədlə izolyasiyada gərginliklərin paylanma şərtləri və izolyasiyanın qalınlıqlarına düşən ESG-nin buraxıla bilən qiymətləri aşağıdakı kimi, kritik taclanma gərginliklərinə görə təyin edilir:

Kağız-bakelitdə taclanma gərginliyi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$U_{tac} = k_{tac} \sqrt{\Delta_{iz}} \quad (4.3.5)$$

burada K_{tac} - taclanma əmsalı, izolyasiyanın iş şəraiti və kondensator köynəklərinin növündən asılıdır. Bütöv vərəqə və deşikli pərdə şəklində olan kondensator köynəklərində taclanma aşağıdakı 3 hala uyğun hesablanır:

- havada işləyən kağız-bakelit izolyasiyasında $K_{tac} = 5,1 \text{ kV/sm}^{0,5}$;
- havada işləyən yarımkeçirici köynəklər üçün: $K_{tac} = 7,0 \text{ kV/sm}^{0,5}$;
- keçirici və yarım keçirici köynəklər üçün yağda $K_{tac} = 16,5 \text{ kV/sm}^{0,5}$

Asan hazırlanması, sadəliyi, yağ doldurulmuş aparatların içərisində işləyən hissəsinin nisbətən qısa olması, bakelit izolyasiyalı girimlərin geniş

tətbiqinə səbəb olur. Xüsusi ilə 110 kV-a qədər gərginliklər üçün belə girimlər daha çox işlədilir.

1, 2 və 5-ci kateqoriyalı izolyatorlar xarici farfor çarxlara və hermetik izolyasiyaya malik olmalıdır. Çünki kağız-bakelit izolyasiyası yüksək hiqroskopikliyə malikdir. 3 və 4-cü kateqoriya izolyatorlarda isə üst farfor çarxlarda olmur. Bu həmin izolyatorların ölçü və maya dəyərlərinin də azalmasına səbəb olur.

Yağ-kağız izolyasiyalı girimlərdə sürüşən boşalma üçün kritik gərginlik aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$U_{\text{cyp}6a} = 740 \sqrt{\frac{r_2}{\epsilon_n} \ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (4.3.6)$$

Qalınlığı Δ olan yağ-kağız izolyasiyasında dayanıqsız tac boşalma gərginliyinin qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır:

$$U_{\text{dai-cызма.к}} = 182 \cdot \Delta^{0,42} \quad (4.3.7)$$

Dayanıqsız taclanma gərginliyi çox dəyişgən qiymətlərə malikdir. Ona görə işçi gərginliklərdə tac boşalmasının baş verməməsi üçün, bütün qatlarda $\Delta U_{i \text{ işçi}} < U_{\text{day-sız tac}}/3$ şərti ödənməlidir.

Əlavə köynəklər yerləşdirməklə, işçi gərginliklərdə ola bilən dayanıqsız tac boşalmalarının qarşısını alırlar. Əlavə köynəklər kondensator tipli izolyasiyanın çıxıntı uclarının arasına yerləşdirilir. İki əsas köynək arasında olan izolyasiya iki yerə bölünür. Ona görə, əlavə köynəklər arasında gərginlik düşkünləri də bərabər olub, əsas köynəklər arasında olan gərginliyin, əlavə köynəklərin sayına nisbəti ilə hesablanır.

Yağ-baryer izolyasiyalı girimlərdə taclanma, işçi və sınaq gərginliklərinə görə alınan ESG-in qiymətləri radiusdan asılı olaraq cədvəl şəklində hesablanır. Hesablanmış qiymətlərdən ən böyüyünü ikinci yağ kanalının ortasındakı ESG-yi ilə müqayisə edilir. İçlikdən sonra ikinci yağ kanalı girimdaxili gərginliyin ən böyük olan hissəsidir. Müqayisədən 2-ci yağ kanalının orta hissəsində elektrik sahə gərginliyi, digər qatlarda alınan gərginliklərdən kiçik alınarsa, izolyasiyanın başqa ölçüləri hesablanır:

$$E_{2\text{yağk}} = \frac{1,49}{\left(R_{22} \ln \frac{R_{23}}{R_{22}}\right)^{0,31}} \quad (4.3.8)$$

Çox hallarda I yağ kanalının orta hissəsində ESG- $E_{2\text{yağ}}$ –dan böyük alınır. Ona görə I kanal daha çox yüklənmiş olur. Digər hallarda bu qiymətlər $E_{2\text{yağ}}$ –dan kiçik olmalıdır.

4.3.2. Kağız bakelit və yağ-kağız izolyasiyalı girimlərin hesabları

Keçid izolyatorunun farfor gövdəsinin içərisindəki silindrik boşluğun mərkəzindən alüminium və ya misdən hazırlanmış küçürücü işlik yerləşdirilir. İzolyatorun montajı üçün onun xaricində СЧ12-28 markalı çuqun flanes bərkidilir. Burluğan cərəyan itkilərini azaltmaq üçün, flanes və digər armaturlar polad-çuqun СЧ-qeyri maqnit tərkibli metaldan hazırlanırlar. Digər tərəfdən bakelit izolyasiyasının böyük dielektrik itkiləri, $tg\delta=0,015-0,03$, *olması* ilə 35 kV və yüksək gərginlikli girimlərin istilik tarazlığına təhlükə yaradır.

Hazırda bu tip izolyatorların şüşə silindr, epoksid kompaundu kimi gövdə konstruksiyaları işlənir. $tg\delta$ -sı az olan materiallar, işçi gərginliyin yuxarı həddini daha da artırmağa imkan verir. Bundan başqa, daha çox nəmliyə davamlı olan materialların tətbiqi, farforun tətbiqini azaldır.

Kondensator köynəkləri vasitəsilə elektrik sahəsinin aksial təşkilədici tənzimlənilir. Tənzimlənmənin $E_a=const$ şərti kağız-bakelit izolyasiyalı girimlərin hesabında istifadə edilir. Hesabat gərginliyi, $U_0 = I \cdot l \cdot U_{gur\ baş}$ –dir. Hesabatda əvvəlcə z , E_{rbb} və köynəklər arasındakı izolyasiyanın qalınlığının Δ_{or} qiymətləri seçilir. z 3,6-4,5 arasında seçilir. Hesabat gərginliyinin buraxıla bilən radial ESG, $E_{rbb} = 10 - 13$ MV/m qiymətlərində götürülür. Köynəklər arasında izolyasiyanın orta qalınlığı 2-3 mm qəbul edilir. Beləliklə, (4.3.4) ifadəsindən E_{rmax} buraxıla bilən ESG-ə bərabər götürərək içliyin radiusunu hesablayırlar.

$$r_{cub} = \frac{u_o \cdot (1+z)}{2E_{rbb}z \ln z} \quad (4.3.9)$$

Чубуьун радиусу цццн жряряанын сыхлыбына эюря (4.3.1) вя електрик саяя эярэинлийинин бурахыла биян гиймятиня эюря (4.3.3) формулларындан тапылмыш ян буюцк гиймяти эютцрцлцр. Яэяр чубуьун (4.3.1)-дян алынмыш радиусу (4.3.4) формулундан алынмыш гиймятдян буюцк оларса, з-ин бир гядяр азалдылмасы мягсядя уйьундур. Бу заман (4.3.9) формулундан алынмыш радиус артмыш олар. Лазыми нятижя алындыгдан сонра изолятор элементляринин узунуна юлццяринин щесаблаырлар. Фланес йахынлыьындакы конденсатор куюнмякляринин узунлуьу фарфор чархын экранлашдырма шярти вя сечилмиш з параметрииня эюря щесабланыр. Жряряан кечирян чубуьун экранлашма шяртиня эюря, чубуьа йахын олан биринжи куюнмяин узунлуьу цццн ашаьыдакы формуланы йазмаг олар:

$$l_{cub} = l_f + l_h + l_{yag} - 0,15(l_h + l_{yag}) \quad (4.3.10)$$

Изоляторун орта фланесинин экранлашдырма шяртиня эюря, фланес йахынлыгында олан сонунжу кюйняийн узунлууу цццн, ашааыдакы формуланы йазмаг олар:

$$l_{f1} = l_f + 0,1 \cdot (l_h + l_{yag}) \quad (4.3.11)$$

бурада l_{ϕ} вя з-я эюря $l_{\text{чуб}}$ -у щесаблайырлар: - $l_{\text{чуб}} = z \cdot l_{\phi}$. Кюйнякляр арасында олан изолясийа гатларынын сайы ашааыдакы кими тыйин едилир:

$$n = \frac{r_f - r_{cub}}{\Delta_{or}} \quad (4.3.12)$$

Кабыз бакелит изолясийалы, 35 – 150 кВ – лу номинал эярэинликляр цццн, Δ_{op} цццн 2-3 мм –лик гиймятляри сечилдикдя, гатларын цмуми сайы 20-40 арасы уйбун шяддлярдя олур.

Аксиал сащя эярэинлийи сабит олдугда конденсатор кюйнякляринин чыхынтыларынын да сабит олмасы лазым эялир:

$$l_{cix} = \frac{l_{cub} - l_f}{n} \quad (4.3.13)$$

Чыхынтыларын узунлугларыны биляржак ихтийари конденсатор кюйняийинин дя узунлуууну ашааыдакы кими щесабламаг олар:

$$l_i = l_f + (i - 1) \cdot l_{cix} \quad (4.3.14)$$

Конденсатор кюйнякляринин щесабланмыш узунлугларына эюря (4.3.14)-дя $x = l_u$ вя (4.3.2) формуласындан, $p = p_u$ радиуслары тыйин едилир:

$$r_i = r_f \cdot \exp\left(\frac{a/b}{l_i^2 - l_f^2}\right) \quad (4.3.15)$$

бурада сабит ямсаллар $a = l_{uc}^2 - l_{\phi}^2$ вя $b = lnz$ кими тыйин едилир.

Беляликля радиал вя узунлуг юлчляри щесабланыр. Сонра изоляторун бцццн гатларында електрик сащя эярэинликляри йохланылыр. Щесабатлары апармаг цццн, щяр бир конденсатор кюйнкляри цццн ара тутумлар да тыйин едилмялидир:

$$C_i = \frac{2\pi\epsilon_i \cdot \ell_i}{\ln \frac{r_i}{r_{i+1}}} \quad (4.3.16)$$

Щесабат эярэинликляри щалында щяр бир изолясийа гатындакы эярэинлик дцщэцсц ашааыдакы кими щесабланыр:

$$\Delta U_i = U_o \left(\frac{\ln \frac{r_i}{r_{i+1}}}{l_i} \right) \cdot \frac{1}{\sum \frac{\ln r_i / r_{i+1}}{l_i}} \quad (4.3.17)$$

Уйбун оларга, ишчи ээрэинликляр цццн йазмаг олар:

$$\Delta U_{is} = U_{is} \left(\frac{\ln \frac{r_i}{r_{i+1}}}{l_i} \right) \cdot \frac{1}{\sum \frac{\ln r_i / r_{i+1}}{l_i}} \quad (4.3.18)$$

Ишчи ээрэинлийин щесабатында, шябьякдя мцмкцн олан ээрэинлик артымларынын нязря алынмасы лазым эялир:

$$U_{is} = 1,1 \cdot U_{nom} / \sqrt{3} \quad (4.3.19)$$

Аксиал сащя ээрэинлийи цццн ашабыдакы ифадяни йазмаг олар:

$$E_{ai} = \Delta U_i / l_{cix} \quad (4.3.20)$$

Радиал електрик сащяси ися, гатлардакы щесабат ээрэинлийиня эюра ашабыдакы формула иля тйин едилир:

$$E_{ri} = \frac{\Delta U_i}{r_{i+1} \ln \frac{r_i}{r_{i+1}}} \quad (4.3.21)$$

Йаь-кабыз изолясийалы эиримлярин гатлар арасы ээрэинлик дщэцляринин щесабатларында истифадя едилян (4.3.17- 4.3.21) ифадяляри кабыз-бакелит изолясийасына да ейни гайдада тятбиг едилирляр. Лакин, йаь-кабыз изолясийалы эиримлярдя конденсатор кюйнякляри арасында изолясийа гатынын галынлыбы ики дяфя артырылагаг 4-6 мм-я чатдырылыр. Бу амил йаь-кабыз изолясийалы эиримлярин гурутма вя щопдурма технолозийасыны асанлашдырыр, етибарлылыбыны артырыр. Йаь-кабыз изолясийасында бурахыла билян електрик сащя ээрэинлийи, 9 кВ/мм гиймятиндя эютцрцлцр.

Лакин, бунларла йанашы истилик ютцрмя хассяси, кюйнякляр арасы тажланма вя кянар еффецти просесляринин зярярли тясирляри артыр. Йаь-кабыз изолясийалы эиримлярдя конденсатор кюйнякляринин сайы да, номинал ээрэинликлярдя эюра яввялжядян сечилир: - 110 кВ цццн 20 конденсатор кюйняйи, 220 кВ цццн 10 ясас 30 ялавя кюйняк, 330 кВ цццн 20 ясас 40 ялавя кюйняк, 500 кВ цццн ися, 30 ясас 60 ялавя кюйнякляр тясис едилир. Сечилмиш ясас кюйняклярин сайына эюра (4.3.12) формуласындан, $\Delta_{из}$ щесабланыр. Кабыз бакелит

конструксийадан фяргли олараг (4.3.15), конденсатор кюйнякляринин радиуслары даща сада ифадя иля щесабланьр:

$$p_u = p_\phi \cdot \Delta U_{из} \cdot u \quad (4.3.22)$$

Йохлама щесабатлары жядвял 4.3.1.-дя верилмиш формада тяртиб едилир:

Жядвял 4.3.1

u	p_u	L_u	$\ln \frac{r_i}{r_{i+1}}$	$\ln \frac{r_i}{r_{i+1}} / \ell_i$	$\sum_1^n \ln \frac{r_i}{r_{i+1}} / \ell_i$	ΔU_{ai} МВ	ΔU_{ri} МВ	E_{ai} МВ/М	E_{ri} МВ/м	$U_{та}$ жш МВ	Ж и м ф
0	p_0	L_0									
1	p_1	L_1									
..									

Жядвял 4.3.1-дьян эюрцндцйц кими, щесабатлар фланес йахынлыьындакы кюйнякдя башламалыдыр. Бу щиссядя йаь-кабыз изолясийасынын ян буюцк радиусу вя ян гыса бярабярляшдирижи кюнденсатор кюйняйи йерляшир. Онларын илк гиймятляри - $p_\phi = 3 \cdot p_0$ вя $L_0 = L_\phi \cdot 3$, кими електрик сащясинин бярабярляшмя шяртиндя тьяйин едилир. Сонракы гиймятляр ися (4.3.14) вя (4.3.15) ифадяляри иля щесабланьр.

Кечид изоляторунун чыхынты узунлуглары щавада вя йаьда олан щиссялярин чыхынтыларынын жями кими щесабланьр:

$$L_{чых} = L_{чыхц} + L_{чыхйаь} \quad (4.3.23)$$

Ики гоншу кюйняк арасындакы эярэинлик дцшэцсц ися, ашаьыдакы гайдада тьяйин едилир:

$$E_a \cdot L_{чых} = E_{ацшава} \cdot L_{чыхцава} + E_{айаь} \cdot L_{чыхйаь} \quad (4.3.24)$$

бурада $L_{чыхцава}$ вя $L_{чыхйаь}$ –изоляторун щава вя йаьда ишляйян гисимляринин чыхынты узунлуглары; $E_{ацшава}$ вя $E_{айаь}$ уйьун олараг щямин щиссялярдя аксиал сащя эярэинликляридир. Щава сонлуьунун бурахыла билян аксиал сащя эярэинлийи- $E_{ацшава} = 0,4 \div 0,5$ МВ/м, йаьда ися, $E_{айаь} = 0,8 \div 0,9$ МВ/м олур. Аксиал сащя эярэинликляринин гиймятлярини (4.3.23) вя (4.3.24) ифадяляриндя нязря алдыгда, чевирмяляр апарараг йаь вя щава ццн чыхынты узунлуглары вя ЕСЭ тьяуин едилир:

$$l_{cixyag} = \frac{l_{cix}}{1 + \frac{E_{ayag}}{E_{ahava}}} \quad (4.3.25)$$

$$\frac{1}{E_a} = \frac{1}{E_{ahava}} + \frac{1}{E_{ayag}} \quad (4.3.26)$$

$E_{ai\grave{a}b} = 2 \cdot E_{ai\grave{c}ava}$ олдуьуну гябул едяряк, йаьда вя щавадакы чыхынты узунлуглары, цмуми шыкилдя ашаьыдакы кими йазырлар:

$$l_{cix\ yag} = \frac{1}{3} \cdot l_{cix}; \quad l_{cix\ hava} = \frac{2}{3} \cdot l_{cix} \quad (4.3.27)$$

Сойутманы артырмаг цццн, йаь-каьыз изолясийалы эиримлярдя биринжи конденсатор кюйняйи иля жяряйан кечирян ичлик арасында вя ахырынжы фланеся йахын олан кюйнякдян явьял, бакелит цилиндрляр гойулараг, йаь циркулясийасы цццн канал аралыглары бурахылыр. Бурахылан йаь аралыьынын йцксяк эярэинлик тясириня мяруз галмамасы цццн, онун гаршы диварларында олан конденсатор кюйняклярини юз араларында електрики бирляшдирирляр.

Сойутма йаь аралыглары олан конструксийаларда изолясийанын щесаблинамасы цццн, кечирижи ичлийин радиусуну жяряйанын сыхлыьына эюря тьяин едирляр. Бу заман ичликля електрики бирляшдирилмищ конденсатор кюйняйинин радиусуну ашаьыдакы ифады иля тьяин едирляр:

$$r_{1k} = r_b + \Delta_{yag} + \Delta_{bsil} \quad (4.3.28)$$

бурада p_0 – жяряйан кечирижи ичлийин радиусу, $\Delta_{i\grave{a}b}$ вя Δ_{bsil} уйьун олараг йаь гаты вя бакелит цилиндрин галынлыгларыдыр.

4.3.3. Yağ-baryer izolyasiyalı girimlərin elektrik hesabları

Електрик вя истилик хясяяляринин артырлмасы усулларындан бири, дахили изолясийада диелектрик барьерлярин тятбигидир. Йцксяк эярэинликли кечид изоляторларында да, онлар бу мягсядя истифады едилир. Бу изоляторларда консентрик йерляшдирилмищ бакелит цилиндрляр васитяси иля аралыглар, барьерлярля йаь гатларына бюлццнр. Бакелит цилиндрлярин цзяриня каьыз сарьы сарыныр вя 7-10 мкм галынлыгда мис вя йа Al фолга чякилир. Фолга електрик сащя эярэинлийинин аксиал вя радиал тяшкиледижиялярини тянзимляйир. Чох йцксяк эярэинликлярдя ужлара йахын йердя електрик сащясини тянзимлямяк цццн сарьы вя цзяриня чякилмищ Al фолга мцяййян r радиусу иля чямбярлянмищ шыкилдя эерийя тяряф гатланыр.

Йаь барьер изолясийасынын щесаблинамасы бцццн йаь каналларында эярэинлик дцщэцляринин бярабярлийи шяртиня эюря апарылыр. Канал дедикдя ися, тьякжя йаь гаты дейил, ики конденсатор кюйняйи арасындакы бцццн изолясийа гатлары нязярдя тутулур. Бурайа ашаьыдакы тяркибляр аиддир:- 1) жяряйан кечирижи ичлик вя щяр сонракы аралыгда конденсатор кюйнякляри цзяриня галынлыьы 3-10 мм

олан кабел кабызы сарыныр, 2) галынлыгы 40-100 мм олан йаь аралыгы бурахылыр, 3) галынлыгы 5-20 мм олан бакелит цилиндр гойулур, 4) галынлыгы 3-5 мм олан икинжи кабыз сары бакелит цилиндр цзяриня сарыныр. Беяликля щяр бир канал кабыз сары иля башлайыр вя кабыз сары иля дя тамамланыр. Кабыз сарылар цзяриня фолга чякилир шяк.4.3.1

Каналлар сайы 1-8 арасында олуб, эярэинлик синфиня эюря сечилир. 35 кВ цццн 1-2; 110 кВ цццн 2-3; 220 вя 330 кВ цццн 4-5; 500 кВ цццн ися, 6-8 канал сечилиа биляр.

Йаь гатынын галынлыгыны азалтдыгжа електрик мюцкямлийи артыр. Лакин бу щалда йаьын циркулясийа сцряти азалыр вя изолясийанын йерли гызма просесси башлайыр. Нятижядя йаь парчаланыр вя онун електрик хассяляри йеня дя писляшир. Она эюря интенсив истилик айрылмасы щалларында йаь каналларынын галынлыгыны артырага, онларын сайыны азалтмаг тювсийа олунур.

Эярэинлик пайланмасынын щесабаты цццн каналларын вя щяр бир канал элементляринин тутум щесабатлары апарыллыр. Електрик тутумлары ь канал вя u элемент цццн ашаьыдакы кими щесабланыр:

$$C_{ji} = \frac{2\pi\epsilon_{ni}\epsilon_0}{\ln \frac{r_{ji+1}}{r_{ji}}} \quad (4.3.29)$$

Бу изоляторларын електрик вя конструксийа щесабатлары (4.3.17 - 4.3.18) формулары иля апаылыр. Щесабатлар изоляторун бцццн каналларында эярэинлик дцщэцляринин сабит олмасы, $J_K \cdot l_K = \text{жонст}$ шярти иля йериня йетирилир. Бу шяртин юдянилмяси ися, $U_K = I, I U_{сын}/h$ олмасы демякдир. Она эюря, (4.3.17 - 4.3.18) формуларында тятбиг едилян ишчи вя йа сынаг эярэинлийинин йериня каналда дцщян эярэинлик истифадя едилир.

(4.3.8) формуласы иля биринжи каналын икинжи элементиндя бурахыла билян електрик сая эярэинлийи щесабланыр. Щямин нятижя, цмуми гайдада (4.3.21) формуласы иля щесабланмыш $E_{ь2}$ максимал $ЕСЭ$ иля мцгайися едилир. Яэяр, $E_{ь2} \leq E_{2об}$ оларса, изоляторун узунлуг юлццляринин тьяин едилмясиня кечирляр. Бзян Ы канал електрик эярэинлийи иля чох йцкляндийиндя орада бу бярабярсизлик юдянмир. Галан каналларда юдяняря, йеня изоляторун узунлуг юлчуляри тьяин едиля биляр. Бунун ашаьыдакы ифадя истифадя едилир:

$$\ell_1 = \frac{0.75(\ell_h + \ell_{yag}) \cdot C_n}{C_n - C_1} \quad (4.3.30)$$

бурадан , $\ell_n = \ell_1 \cdot C_1 / C_n$ кими тыйин едиляр, J_1 вя J_n уйбун олага биринжи вя сонунжу каналын електрик тутумларыдыр.

l_1 вя l_n узунлугларыны тыйин етдикдян сонра, (4.3.10) вя (4.3.11) ифадяляриндя орта фланесин- l_ϕ узунлугуну щесабламаг олар. Орта фланес юзцндя ики, ашабы вя йухары фарфор чархлара кечян ужлары, орта цилиндр вя кипляшдирижи арагатыларын узунлугларыны бирляшдиририляр. Она эюря, бу щиссяляри ящатя едян - l_ϕ чох кичик юлщддя ола билмяз. Адятян, $l_\phi \geq 0,3$ м юлщсцндя олур. Яэяр, $l_\phi < 0,3$ м оларса, каналларын сайыны вя юлщсцнц дйиширяк щесабатлары йенидян тьярар апарырлар.

Эиримлярин харижи фарфор сятци бойу бошалма эярэинлийинин 30-40 см – я гядяр щцнцрлцкдя хятти дйишдийи, 45 см – дян сонра ися узунлугдан асылы олага зяиф артымлара кечдийи ядябийатлардан мялумдур [53]. Она эюря кечид изоляаторларынын фарфор эювдясинин щцнцрлцйц щесабландыгда, дахили изолясийада аксиал вя радиал ЕСЭ – нин критик гиймятляри иля ялагядар олан тьябатларла йанашы § 2.2.4 вя 2.2.5 – дя верилмиш щесабатлар да нязря алынмалыдыр. Цилиндрик сятц цзяриня верилмиш ятякляр кечид изоляаторларынын сятци бошалма эярэинликлярини дайаг изоляаторларынын бошалма эярэинликляриня йахынлашдырыр. Лакин чох узун кечид изоляаторларында сцрщян бошалмаларын тьясири эщлянир. Нятиждя онларын сятци бошалма эярэинликляри дайаг изоляаторларынын бошалма эярэинликляриня нисбятян азалыр.

Сабит эярэинликлярдя изоляаторларын бошалма эярэинликляри, дйишян эярэинлийин максимал гиймятиндя олан бошалмадан фярглянмир. Бу щям кечид, щям дя дайаг изоляаторлары ццн доьрудур. Чцнки сабит эярэинликдя сцрщян бошалмалар инкишаф едя билмир. Бунун сябяби ися, сабит эярэинликдя $\partial V / \partial m = 0$ олмасы вя тутум жярйяанынын сыфыр олмасыдыр (2.2.14). Она эюря сабит эярэинликдяки бошалмаларда ятяклярин дя ролу аз олур (йалныз сызма йолунун бойунун артмасы кими ролу галыр). Лакин сабит эярэинликлярдя ишлядилян изоляаторларда ятякляр, йаьмур бошалма эярэинликляри щалы ццн эффект верир.

Йцксяк тезликли эярэинликлярдя (коммутасийа ифрат эярэинликляриндя) сятци бошалма эярэинликляри нисбятян артыр. Апарылан тьярцбляря эюстярир ки, бу артым 10-15% арасындадыр.

4.3.4 Кечид изоляаторларынын сынаглары вя профилактикасы

Дейилдидийи кими, кечид (дайаг) изоляаторлары вя йцксяк эярэинлик эиримляри, бцтвовлцкдя електрик шяблякляринин етибарлылыбыны тямин едян апаратлардыр. Она эюрэ профилактик гайдада онларын вязиййятиня даима нязарят едилмялидир (о жцмлядян дайаг изоляаторларына). Техники бахыш заманы изоляаторун эювдясиндя чатларын олуб олмамасы, йаь сызмасы, кипляшдирижи арагатыларын вя метал арматурларын ятрафында вязиййятя нязарят едилер. Йаь эенишляндирижи чяня вя манометрдя тязийгин гиймяти йохланыр. Бахыш заманы визуал мцайинялярдян сонра лазым эялэккдя изоляаторда мцгавимятин вя *тэд-нын* юлчцлмяси вя анализляри шцяята кечирилер. Изоляаторларда сятщ чатлары, деликляр, фарфор эювдянин гялпялянмяси, шир тяблягясинин йаныб яримяси вя изоляаторун бяркидижи тахма арматурлары, винтляри, ичлийинин яйилмя вя деформасийа олунмасы шалларында изоляаторлар чыхдаш едилер. ДЦИСТ 13873-81Е-йя ясаян фарфор мямулатларын вязиййятиня нязарят критерийалары верилер. Фарфор эювдянин дахили вя харижи диварларында, биширилмя заманы отуражаг сятщиндя башга йериндя, чатлар, кяля-кютцр сятщ, стандартларда верилмиш ен, узунлуг вя чюкяклик юлчцляриндя чох сащяляри олан изоляаторлар чыхдаш едилер.

Мегаомметрля изоляаторун мцгавимятинин юлчцлмяси заманы бир нечя амилляр нязря алынмалыдыр: - изоляаторун сятщци гуру олмалы вя кечирижи чирк тяблягяси олмамалыдыр. Она эюрэ эиримлярин изоляасийа мцгавимяти йаьышлардын сонра башлайан гуру шавада юлчцлмялидир. Йаь-каьыз изоляасийалы эиримлярин изоляасийа мцгавимятляри бир нечя зонада юлчцлцр. Дахили изоляасийада мцгавимятин юлчц зоналары эиримлярин изоляасийа конструксийасы вя онларын шин системиня эюрэ (апаратын цзяриндя вя йа кянарда) йерляшмясиндя асылы олараг сечилер. Тязя гурашдырылмыш кечид изоляаторлары цццн жярйян кечирижи ичлийя йахын олан гатда минимал изоляасийа мцгавимти 5000 Мом, сонракы гатларда ися 1500-1000 Мом олмалыдыр. Истисмрда олан изоляаторларда ися 500 Мом олур.

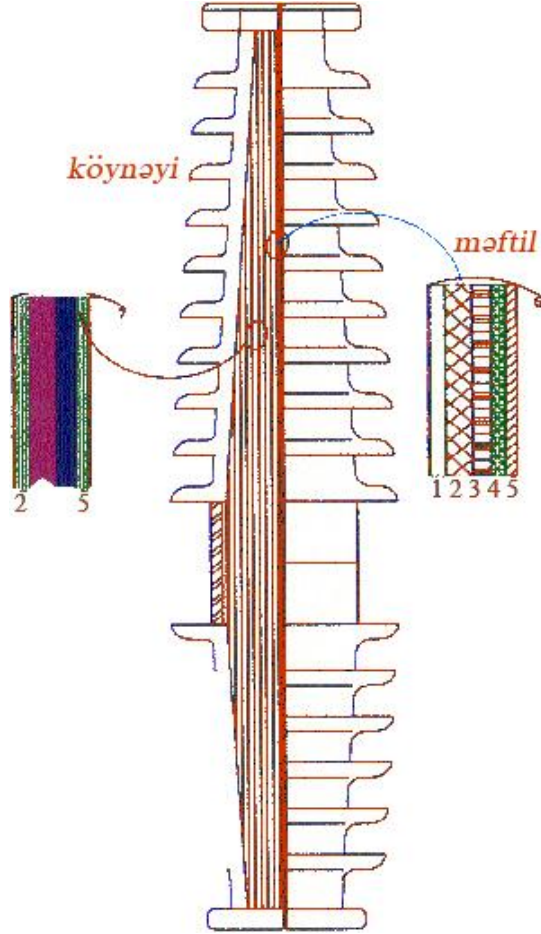
тэд-нын юлчцлмясиндя истифадя едилян 10 кВ –луг кюрпц схемляри, бязян кечид изоляаторларында изоляасийа ичлийиня тясир едян эярэинлийя нисбятян аз олдуьундан реал просесляри дягиг якс етдирмир. Йаьлы эиримлярин изоляасийасийасынын *тэд* юлчцляри эюстярир ки, електрик сащя эярэинлийин тясирин артарса, юлчмяляр чеврилмиш кюрпц схеми иля апарылмалыдыр.

Юлчмялярин дягиглийиня тясир едян башга амилляри дя арадан галдырмаг лазымдыр. Мясялян, юлчц заманы бцтцн кянар элементлярдян

олан мясафя 1 м-дян аз олмамалыдыр. Нятижялярин гаршылашдырылмасында $t_{эд}$ -нын щансы температурда юлчцлдцц нязря алынмалыдр. $20^0Ж$ –дя алынмыш нятижя цццн ямсал 1 гябул едилир. Температурун $100^0Ж$ артмасы иля, юлчцлян гиймятя дцзялиш ямсалы 0,67 –йя гядяр азалдылыр вя яксиня, $5^0Ж$ дцщмяси иля ямсал 1,5-я гядяр артырылыр: - $t_{эд_e} = t_{эд_{20}}/k$. Температур ямсалына эюря $t_{эд}$ щесабланмасында изолясийанын нямлянмя дряжяси, гурулуш тярзи, щазырланма технолоэийасы вя с. кими амилляр нязря алынмалыдыр. Нятижялярин мцгайисяси йалныз уйбун юлчц схемляри цзря тйин олунмуш гиймятляр арасында апарылыр. 35 кВ–луг кечид изоляаторларынын $t_{эд}$ юлчцляри изолясийа ясасынын нямляндийини эюстярир. Онларда компаунд тяркибляринин позулма дряжясини ися яс етдирмир.

Атом реакторлары цццн хцсуси щяртляря вя тялябатлара эюря щазырланан кечид изоляаторлары тятбиг едилир. Чцнки атом електрик стансийаларында радиоактив парчаланма мящсуллары олан α , β , γ щиссяжиклярин вя биринжи зонадакы сойутма суйунун дашыдыбы радиоактивлийин ятрафа йайылмамасы цццн хцсуси конструкторы кечид изоляаторлары лазым эялир. Онун цццн, бу изоляаторлара олан тялябатлара эюря дя башга лайищя критерийалары сечилир.

Яввяла бу изоляаторларын харижи эювдясинин изолясийасында гейри цзви щщя материал истифадя едилир. Щщя материалын тяркибиня аьыр метал оксидляри гатылараг онларын шуа удма габилиийяти йцксялдилир. Атом реакторларындан эярэинлик вя жяряйанын чыхарылмасы цццн кечид изоляаторларында щщянин изолясийа кими тятбигинин икинжи сябяби, онларын истянилян мцряккяб формаларда щазырланма технолоэийасынын асан олмасыдыр. Чцнки фарфора истянилян форманы вермяк о гядяр дя асан ищ дейилдир. Цстялик фарфорун тяркибиндя чохла мясамяляр вя газ фазасы олур. Онлар нцвя реаксийасында айрылан α , β , γ шуаларыны асанлыгла бурахдыгларындан бу щаллар цццн еколоэи сябябляри чохла щщяляйдир.



Şək.4.3.1.Yağ-baryer izolyasiyalı keçid izolyatorlarının daxili izolyasiyası, kanallar eyni ilə təkrarlanan 4 qat izolyasiyadan ibarətdir:1-keçirici içlik, 2-kağız sarğı (3-5mm), 3-yağ kanalı (40-100mm), 4-bakelit silindr (12-20mm)

Şualanma düz xətt xətt istiqamətində yayıldığından, keçid izolyatorlarına atom reaktorlarının beton divarları və şua udan qilaf pərdələri arasında döngə və labirint forma verilir. İzolyatorların çıxışa gedən gövdəsi beton divarlar arasında Y şəklində haçalandırılır. Aparılan layihə hesablatları və konstruksiya dəyişiklikləri atom elektrik stansiyalarının cərəyan girişlərinin şualanmaya qarşı ekoloji cəhətdən təhlükəsiz edir.

5. ATMOSFERDƏ ELEKTRİK YÜKLƏRİ

Bizi əhatə edən atmosferdə aydın və günəşli havada da çoxlu miqdarda elektrik yükləri mövcuddur. Belə ki, 1 m məsafədə 300 V-a qədər ESG saxlanılır. Həmin ESG-yi yer səthinə perpendikulyar istiqamətdə yönəlir.

Atmosferin elektrik sahəsi xüsusi xarakterə malik olub, günlük və aylıq dəşilmələrə uğrayırlar. ESG-yi bütün fəzanı bürüdüyündən, canlılar onu hiss etmir. Bu sahəni yaradan elektrik yükləri heç bir zaman əks yüklərlə neytrallaşmır. Onları neytrallaşdıracaq mənfi işarəli cəm yük $6 \cdot 10^5 \text{ kL}$ qiymətindədir. Təbiətin bu möcüsəsi hələlik aydınlaşdırılmamışdır. Bu yüklərin yer səthinə paylanmış ümumi sayı aşağıdakı kimi hesablanacaqdır:

$$\sigma = \epsilon_0 E = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 300 \cdot F \cdot V / 10000 \text{ sm}^2 = 2,925 \cdot 10^{-9} \text{ Kl/m}^2$$
 yerin səth təbəqəsində yüklərin orta səthi sıxlığıdır. Lakin bu yüklər, atmosfer boşalmalarının yaranmasında heç bir rol oynamır. Onlar sadəcə efir yekləridir. Atmosferdə onlardan başqa müxtəlif təbii və süni mənbələrdən çoxlu miqdarda, hərəkətli elektrik yükləri yaranır. Məsələn, günəşdə olan partalayışlar və yer təkində şua radiasiyaları, yeraltı ağır metal və bəzi filizlərin radioaktiv parçalanması, elektrik stansiya və şəbəkələrdə olan qövs boşalmaları, atom reaktorlarının yükləri və s. Atmosferdə suyun dövrəni və küləklərin yatdığı güclü axınlar bu yüklərin atmosferdə yayılmasına və buludlar şəklində toplanmasına səbəb olur.

5.1.1. İldırım buludların yaranması

İldırım buludla yer və ya buludların öz aralarında yaranan elektrik boşalmalarıdır. Buludlaşma zamanı, ildırımdan əvvəl elektrik yüklərinin toplanması və ayrılması baş verir. Yüklər güclü hava axını, soyuma, intensiv kondensasiya və küləklərin təsirindən yaranır. Yer səthindən $2-5 \text{ km}$ yüksəklərə qalxan güclü hava cərəyanı, su buxarları və onlarla bərabər elektrik yüklərinin daşınması, boşalma öncəsi proseslərə daxildir. Yüksəklərə qalxdıqca, mənfi temperaturda su buxarları donaraq kristal hala keçirlər. Donma su damcısının səthində başladığından onun özəyi maye halında qalır. Donma zamanı ayrılan temperatur, damcının daxilində temperaturun 0°C –də saxlanmasının təmin edir. Bu zaman donmuş üst buz təbəqəsi müsbət, damcının özəyi isə mənfi işarəli yüklənir. Donma dərəcəsi artdıqca, onun özəyi genişlənərək partlayır və müsbət yüklənmiş üst qabığı xırdalanır və daha yüksəklərə sovrulur. Nisbətən ağır olan mənfi yüklü özək isə, buludun aşağı hissəsində toplanır. Beləliklə buludların aşağı hissəsində mənfi yüklər, üstündə isə müsbət yüklər toplanır. Bu buludların elektrikləşməsinin [35] əsas mexanizmi olduğundan prosesdə buludların 90%-i mənfi yüklənmiş olur. Ona görə ildırım boşalması zamanı yerə mənfi yüklər gəlir. Yerdən isə əksinə, müsbət yüklər buluda axırlar.

Yer kürəsinin orta en dairələrində ildırım vurmalarının ümumi sayından, 30-40%-i yerə vuran ildırım, 60-70 %-i isə buludlar arası və müxtəlif yüklərlə yüklənmiş bulud qatları arasındakı şimşək boşlamaları təşkil edir.

Buludların aşağı təbəqəsində mənfi yüklər artdıqca üst qarlarda induksiyaalanmış müsbət yüklər də çoxalır. Buludlar və buludla yer arasında

ESG artaraq hava üçün kritik 20-24 kV/sm qiymətə çatır. Ona görə buludun yer səthinə çevrilmiş alt hissəsindən mənfə yüklərin yerə tərəf elektrik boşalması başlayır. İldırımın yerə istiqamətlənən mənfə boşalma kanalı açıldıqda orada ani olaraq yüklərin tarazlığı pozulur. Buludlarda toplanmış müsbət yüklər tarazlaşdırıcı mənfə yüklərini itirdiyindən onların da əks istiqamətdə ionosferaya boşalması yaranır. Burada müsbət yüklərlə ionosferaya yaxın qatlarının günəş radiasiya elektronları və ionosferadakı mənfə yüklərlə neytrallaşması baş verir. Bu hadisə yer səthinə gələn günəş radiasiyasını və yuxarı qatlardakı mənfə yükləri azaldaraq yerdəki canlı orqanizmlərə yaxşı təsir göstərir. Beləliklə ildırım təkzər zərərli hadisə olmayıb, bir sıra faydalı təsirlərə də malikdir.

Яввялжя илк мярщялдя нисбятян ашаьы $-1,5 \cdot 10^5$ м/сан сцрятля щярякят едян бошалманын «лидер» формасы ачылыр. Бу щякилдя олан бошалма, зяиф ишыгланан лидер каналына чеврилир. Бу заман лидер каналынын ионлашма зонасы, булуд тябтясинин алт щиссясиндяки кими мянфи ишаря иля йцклянмиш олур. Булуд вя лидер каналынын йцкляри йер сятщиндя якс ишаряли йцклярин индуксийаланмасына сябяб олур. Лидер йахынлашдыгжа, йер цстц щцндцр обьектлярин ужунда ЕСЭ-ий эцжлянир вя енян лидер истигамятиня гаршы, онлардан «якс ишаряли лидер» бошалмалары инкишаф едир. Лидер мярщялясиндя илдырым каналы он вя йцзлярля ампер жяряян дашыйыр.

Булудлардан инкишаф едян лидер, йеря вя йа йердян булуда тяряф йюнялмиш якс лидер каналына 25-100 м галмыш, онлар арасында гиймяти 10 кВ/см-я чатан ЕСЭ мейдана чыхыр. Бир нечя микросанийя ярзиндя бу мясафя дешилир вя арада 0,5-5 МЖл (мега Жоул) енерьи айрылыр. Бу енерьи, орада истилик вя термоионлашмайа сярф олунур. Бошалма каналынын бу щиссясиндя кечирижилик йцксялир вя артан ЕСЭ зонасы, $1,5 \cdot 10^7 \div 1,5 \cdot 10^8$ м/сан сцрятля булуда тяряф якс истигамят алыр. Бу просес «ясас бошалма» адланыр. Бу заман каналда эцжлц ишыгланма вя истилик айрлыыр. 5-10 мксан ярзиндя жяряян бир нечя он вя йцз килоамперляря чатыр, сонракы 25-100 мксанийдя бу жяряян амплитуд гиймятинин йарысына гядяр азалыр. Чох гыса мцддятдя каналын температуру 20000 - 30000 °Ж-йя чатыр. Илдырымын бу «термик канал»ы сцрятля эенишлянир, ятрафдакы сойуг щава тябтясиндя далья зярбяси йарадыр вя юз йолунда йцксяк тязйигли партлайыш тюрядир.

Йер ятщиндян якс (ясас) бошалма заманы лидер каналында йцкляр нейтраллашыр. Ясас бошалманын илк анлары лидердя йцклярин нейтраллашмасы вя (бошалмада импулсун жябщяси) жяряяанын артмасына, лидерин ионлашма зонасында йукляринин нейтраллашмасы ися, жяряяанын азалмасына уйьун олур.

Илдырым бошалмасынын сон финал мярщялясиндя, бир неча миллисанийя ярзиндя каналда жяряйан 10÷100 А-ляря гядяр азалыр. Бу заман ися, булудда йцкляр нейтраллашыр. Чох щалларда, финал мярщялясинин жяряйанларына, илдырымлы булудларын мцхтялиф йцксякликляриндя топланмыш йцклярин йаратдыбы «*тякrap бошалма*» жяряйанлары ялавя олунур. Тякrap бошалмалар, артыг биринжи каналда ачылмыш истигамят цзря, 10^6 м/сан сцрятля, ох шыкилиндя кечирляр. Тякrap бошалмаларда жябщя мцддятиндя жяряйанын артым сцряти буюцк амплитудалары ися кичик олур. Тякrap илдырым каналлары парылтылы гыьылжымлар шыкилиндя эюрцнцрляр.

5.1.2 İldırım elektrik karakteristikaları İldırım ifrat gərginlik mənbəi

Lider mərhələsinin əsas boşalmaya keçməsi, yüklənmiş məftilin yerlə qapanması kimi imitasiya edilir. Tutaq ki, lider mərhələsində vahid uzunluqda sabit σ –qədər mənfı yük olan keçirici kanal yaranmışdır. K açarı qapandığı zaman şəkl.5.1.1,mənfı yüklər yerdən məftilə axan müsbət yüklərlə neytrallaşır.

Əgər, kanalda neytrallaşma yuxarı istiqamətə v sürətilə yayılırsa, onda cərəyanın amplitudası aşağıdakı kimi yazılır:

$$I_{ildm} = \sigma \cdot v \quad (5.1.1)$$

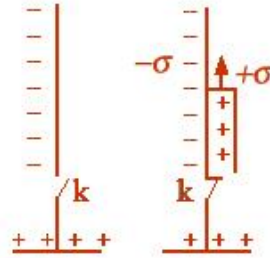
R aktiv müqavimətlə yerə qapanan cərəyan aşağıdakı kimi yazılır:

$$I_{ildm} = \sigma \cdot v \frac{Z}{Z + R} \quad (5.1.2)$$

бурада Z - илдырым каналынын эквивалент далья мцгавимятидир.

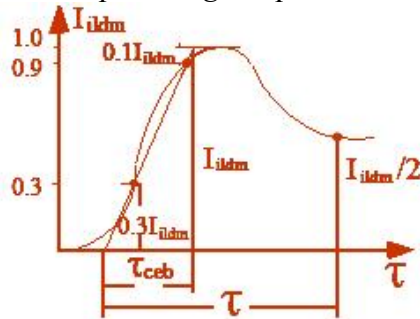
(5.1.2)–дян эюрцнцр ки, илдырым жяряйаны вурдуьу йердя, мцгавимятин гиймятиндян асылы олараг азалажагдыр. Мясялян, йерцстц щцнцр обьектин мцгавимяитиня тярс мцтянасиб олараг азалма олар.

Йцксяк телевизийа гцлляляриндян апарылмыш тятгигатлар эюстярмишдир ки, илдырым каналынын далья мцгавимятляри $1,1-8$ кОм щяддляриндя дяйишир. Нязяри арашдырмалар ися эюстярир ки, илдырым жяряйанынын амплитудасы артдыгжа онун далья мцгавимяти $300-600$ Ом –а гядяр азалыр. 3-ин гиймятляри бу щяддлярдя олдугда йерцстц обьектин 50 Ом мцгавимяти илдырым жяряйанынын амплитудасына о гядяр дя тясир етмир. Она эюря, илдырым щесабатлары апарылдыгда чох да буюцк хята олмадан илдырым каналынын мцгавимяитини сонсуз эютцрмяк вя йа илдырым вурмасыны, обьектя жяряйан мянбяинин гошулмасы кими гябул етмяк олар.



Şək.5.1.1. Əsas boşalmanın inkişafını izah edən sxem

Yüksək gərginlik avadanlığına elektromaqnit təsirinə baxdıqda, ildırım cərəyanı öz forması və əsas boşalma zamanı yaranan amplitud qiymətlə nəzərə alınmalıdır. Ona görə, cəbhə müddəti- τ_{ceb} və impuls müddəti- τ_{imp} olan aşağıdakı *aperiodik formalı impuls dalğası* qəbul edilmişdir şək. 5.1.2.



Şək.5.1.2.İldırım cərəyanının standart impulsu

Burada, ildırım cərəyanının maksimal qiyməti əsas kəmiyyətdir. Maksimal cərəyan təsir etdikdə, aktiv müqavimətlərdə– məfillərin dalğa müqaviməti və torpaqlanma müqavimətlərində böyük gərginlik düşkürləri alınır.

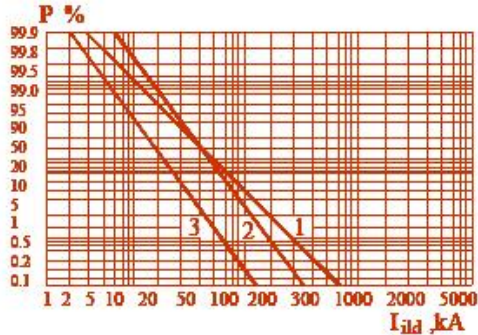
İldırım cərəyanının statistik paylanma asılılıqları şək.5.1.3-də verilir. Bu asılılıqlarda ildırım cərəyanının etimalları normal paylanma qanununa, cərəyanın amplitudası və digər parametrləri isə, loqarifmik şkalalara uyğun verilir. Mənfi ildırımın 50% ehtimallı birinci komponentləri *30 kA cərəyan*, sonrakı komponentləri isə *13 kA cərəyan* yaradırlar. 1 və 2 paylanmaların fərqi müsbət cərəyanların, mənfi ildırım boşalma cərəyanlarından çox olduğunu göstərir.

İldırım cərəyanının cəbhəsinin dikliyi *a* məfillərdə induktiv gərginlik düşkürlərinin və maqnit əlaqəli dövrlərdə induksiya gərginlikləri təyin edir.

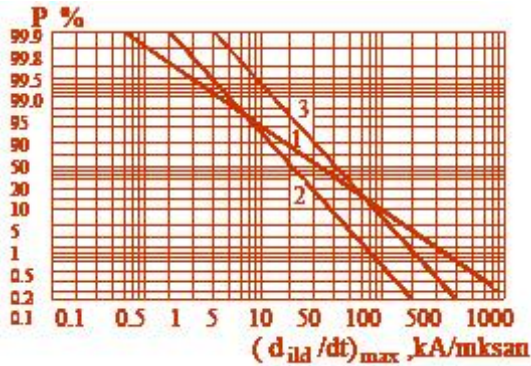
$$a = \frac{di_{ild}}{dt} \quad (5.1.3)$$

Şək.5.1.4 də ildırım cərəyanının cəbhəsinin maksimal dikliyinin etimalları verilmişdir. Təcrübədə orta diklikdən istifadə edilməsi uyğun görülür: $a_{or} = \dot{I}_{ildmak}$. Bu şək.5.1.2-də təyin edilmiş impuls parametrlərinin τ_{ceb} cəbhə müddətində çox da xətalı olmur. Mənfi ildırımların birinci komponentləri ildırım cərəyanının maksimal dikliyinin 50 %-li ehtimal qiyməti üçün *13*

kA/mksan 1-asılılıđı, sonuncu komponentlər üçün isə 30 kA/mksan 3-asılılıđı, təşkil edir.



Şək.5.1.3.İldırım cərəyanının etimal parametrləri 1- müsbət və mənfi impulsların birinci komponentləri; 2-mənfi ildırımın birinci komponentəri; 3-mənfi ildırımın son komponentləri



Şək.5.1.4.ildırım cərəyanı cəbhə dikliyinin ehtimalı 1-müsbət və mənfi ildırım komponenti; 2-mənfi ildırım birinci komponentləri; 3-mənfi ildırım komponenti

Тягриби щесабатларда мянфи илдырымларын биринжи вя ардыжыл эялян компонентлярини нязря алмадан, илдырым жряряяны вя онун жябщясинин диклийи цццн пайланма ещтималынын орта гиймятлярини истифадя едирляр. Жряряян вя импульсун диклийинин, статистик пайланма асылылыбы ашабыдакы экспоненсиал функцийаларла ифадя едиля биляр:

$$P(I_{ild}) = \exp(-0,04I_{ild}) \quad (5.1.4)$$

$$P(a) = \exp(-0,08a) \quad (5.1.5)$$

бурада $P(I_{илд})$, $P(a)$ уйьун олараг илдырым жряряяны вя онун диклийинин верилмиш гиймятляря бярабяр вя ондан буюцк олма ещтималларыдыр. Дяниз сывийясиндян 1000 м йцксякликдя олан даь районларында ейни етималларла верилмиш илдырым жряряянлары вя онларын диклийи аран районларына нисбятян ики дяфя кичик олур.

5.1.3. Илдырым бошлмаларынын ештимал параметрляри

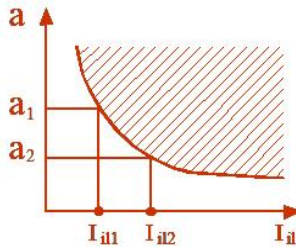
Илдырым жярйанынын амплитудасы вь диклийи арасында зяиф, мцсбят коррелйасийа ялагьси вардыр. Йяни бьуйцк жярйанлара бьуйцк импульс диклийи уйьун олур вь яксинья.

Илдырым бошлмаларынын яйриляр шьакилиндя гурулан тящлцкьяли параметрляри йухарьда щесабланмыш кьамиййятляря уйьун олур, шьак. 5.1.3, 5.1.4. Яйриляр, илдырым жярйанлары вь онларын диклийинья ясаян гурулур вь изолясийанын гьовсля гапанмасына сьябь олан тящлцкьяли бир областы ящатя едир. Мьсялян, a_1 диклийиндя изолясийанын гапанмасы $I_{ил01}$ жярйанындан бьуйцк, a_2 диклийиндя ися $I_{ил02}$ - дьан бьуйцк жярйанларда баш верир. Верилмиш бу ясас параметрляря эюря тящлцкьяли ештимал яйриляря гурулур шьак. 5.1.5.

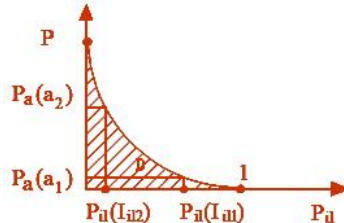
Шьак.5.1.6 – а ясаян, D областында изолясийанын илдырымдан гапанма ештималы ашаьыдакы кими щесабланьыр:

$$P_{qge} = \iint_D f(I_{il}, a) dI_{il} da, \quad (5.1.6)$$

бурада $\phi(I_{ил}, a)$ - максимал илдырым жярйаны вь диклийинин ештималынын ики юлчщлц пайланма функциясьдыр, интеграл ися, бщтцн тящлцкьяли D областы цзря щесабланьыр.



Şak.5.1.5. Təhlükəli parametrlər oblasti



Şak.5.1.6. İzolyasiyanın qövslə qapanma ehtimalı ştrixli sahədə göstərilir

Hesabatlarda $I_{ил}$ ildırım cəրəyanının maksimal qiyməti və onun dikliyi- a asılı olmayan təsadüfi kəmiyyətlərdir. Bu zaman (5.1.6) ifadəsi sadə inteqralla əvəz edilir:

$$P_{iq} = \int_0^1 P_i dP_a = \int_0^1 P_a dP_i \quad (5.1.7)$$

Beləliklə, P_{iq} - təhlükəli qapanma ehtimalı şək.5.1.6 göstərilən ştrixlənmiş oblasta görə yazılır.

5.1.4. İldırım aktivlikli ərazilərdə xüsusi boşalmalar sayı

Atmosferdə eyni zamanda 2000-ə yaxın ildırım mərkəzləri yaranır və hər saniyədə yer səthinə 100-ə yaxın ildırım vurur. Hər ərazidə ildırım aktivliyinin intensivliyi, orta illik ildırımlı saatların miqdarı D_{il} ilə ölçülür. Yuxarı en dairələrində ildırımlı saatlar az, ekvatora yaxınlaşdıqca çox olur. Ekvatorda ildırımlı buludların yaranma şəraiti artır. İldırım aktivliyinə görə ölkələrin xəritələri tərtib edilmişdir. Məsələn, Vyetnamda illik ildırım aktivliyi 100 saat, Braziliyada 130 saat, Yava adasında 200 saat, Azərbaycanda 40-60 saat təşkil edir.

İldırım aktivliyinin digər xarakteristikası, 100 saatlıq illik ildırım aktivliyində yer səthinin hər 1 km² ərazisini vuran ildırımların xüsusi sayı ilə təyin edilir. Məsələn, yerüstü energetik obyektləri, uzunluğu A , eni B , hündürlüyü H olan yarımstansiya ərazisini vuran ildırımların sayı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$n_{xus} = 6,7(A + 7H) \cdot (B + 7H) \cdot 10^{-6} \quad (5.1.8)$$

Hava xətlərinin hər 100 km-ni 100 saatlıq ildırım aktivliyi şərtlərində vuran illik ildırımların xüsusi sayı:

$$n_{xus} = 6,7 \cdot 100 \cdot 6h_{or} \cdot 10^{-3} \approx 4h_{or} \quad (5.1.9)$$

burada $h_{or} = h_{day} - 2f/3$ trosun asıldığı orta hündürlük, tros olmadıqda isə, üst məftilin hündürlüyü götürülür, h_{day} –dayağın hündürlüyü, f – tros və ya məftilin sallanma oxudur. İllik ildırım aktivliyi D_{ild} və uzunluğu L olan EVHX-nin il ərzindəki ildırım vurmalarının sayı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$n_{il} = n_{xus} \frac{l}{100} \cdot \frac{D_{il}}{100} \quad (5.1.10)$$

5.1.5. Kürəvi ildırımlar

Kürəvi ildırımlar, xətti ildırımlarla bərabər baş verir. Onlar alovlu kürələr şəkilində meydana çıxırlar. Kürənin diametri 10-20 sm arasında dəyişir. Diametri 1 m-ə qədər olan kürəvi ildırımlar haqqında faktlar da mövcuddur. Kürəvi ildırımlar qırmızı, cəhrayı, sarı və ağ rənglərdə olurlar. Kürəvi ildırımlar çox parıltılı olmasa da, onları gündüz müşahidə etmək olur.

Kürəvi ildırımlar yer səthinə paralel istiqamətdə 5-10 m/saniyə sürətlə hərəkət edirlər. Kürəvi ildırımlar yaranan zaman ətrafa fişılıtlı səsləri yayılır. Bəzən yer səthi yaxınlığında diyirlənən, relyef və çuxurlu yerlərdən atlayan hərəkətlər edirlər. Təcrübələrdə görünən kürəvi ildırımlar ətrafa ozon, kükükrd, və ionlaşma qoxuları yayırlar. Kürəvi ildırımların yaşama müddəti bir neçə saniyədən bir dəqiqəyə qədər çəkə bilər. Kürəvi ildırımlar yarandıqları kimi də sürətlə və qəflətən yox olurlar. Bu zaman güclü şaqqıltı eşidilir. Çox nadir hallarda onlar səssiz yox olurlar. Kürəvi ildırımlara toxunan metal elementlər, məftillər və s. əriyirlər, onlardan dəliklər açılır.

Kürəvi ildırımların səbəbi hələlik kifayət qədər öyrənilməmişdir. Onların baş verməsi barədə bir neçə hipoteza vardır. Bir hipotezə görə kürəvi ildırım saxlayan enerji onların içərisində yerləşir. Məsələn, fərziyyələrdən birində təhmin edilir ki, kürəvi ildırım onun içərisində baş verən tarazlaşmış kütlələrin, püskürən bataqlıq qazlarının kimyəvi reaksiyası ilə saxlanılır. Başqa hipotezə görə isə, onlar xarici mənbələrdən aldıkları enerji ilə saxlanılır.

Akademik P.L. Kapitsanın verdiyi bu hipotezəyə görə, kürəvi ildırımların yaranmasının xarici mənbəi, havanın məhdud bir həcmində fokuslanmış ildırımlı buludların radiotezlikli şüalanmalarıdır. Həmin səbəbdən də kürəvi ildırım yarana bilər. Əgər bu hipotezə qəbul edilərsə, kürəvi ildırımın, güclü ionlaşmış hava həcmində yaratdığı plazma bükümünü olduğunu söyləmək olar. Görünür ki, hər iki hipotezənin məntiqi əsasları vardır.

Lakin bunlarla yanaşı onların müəmmalı yaranma və yox olma xassələri vardır. Çox hallarda kürəvi ildırımlar metal əşyalara, tel hörgülərə, məftillərə tərəf cəzb olunurlar. Bəzən kürəvi ildırımlar su axını istiqamətində hərəkət edirlər. Kürəvi ildırımlar hətta şaquli istiqamətdə hərəkət edir və ya sükunətdə hərəkətsiz də qala bilərlər. Məsələn, onlar haqqında məlumatlar vardır ki, sobaların boruları, açıq pəncərələr və digər havalıqlardan binalara keçərək müxtəlif xəsarətlər törətmişlər. Onların təsiri ilə, pəncərə şüşələri qırılmış, elektrik xətt məftilləri əriyib yerə düşmüşdür. Ona görə, ildırım çaxan zamanı, yaranan kürəvi ildırımlardan mühafizə olunmaq üçün qapılar, pəncərərlər, evlərdən çıxan digər hava və su boruları bağlanmalıdır. Lakin nadir hallarda baş verdiklərindən belə tədbirlər görülür. Məhz bu səbəbdən də, onların ətraflı tədqiqatları və elmi əsasları kifayət qədər mənimsənilməmişdir. Hələlik müşahidələr davam etdirilir.

6. ELEKTRİK QURĞU VƏ APARATLARIN İZOLYASIYASI

6.1.1. Yüksək gərginlik açarları

Elektrik şəbəkələrində normal və qəza hallarında enerji mənbələrini və ya dövrə hissəsini açıb qapama üçün açar və digər kommutasiya aparatı

istifadə edilir. Bu Açar və aparatlar etibarlı işləməlidir. Onların etibarlılığında kontakt sistemləri və qövssöndürmə kameralarının konstruktiv parametrləri əsasdır. Açarlar gərginlik və cərəyanlarının nominal qiymətləri açma gücü, qısa qapanmada açma və qoşma qabiliyyəti ilə fərqlənən kommutasiya aparatlarıdır. Yüksək nominal cərəyan və gərginliklərdə kontaktlar arasы məsafə qövs söndürmə prosesləri ilə deyil, kontaktlar arasы elektrik möhkəmliyi və onun bərpa olunma prosesi ilə təyin edilir. 220 kV və daha yüksək gərginliklərdə və daha yüksək gərginliklərdə açarlar bir neçə kontakt aralıqlarına malik olurlar.

Funksional əhəmiyyəti və iş şəraitinə görə açarların kontakt sistemlərinə hər Dövlət daxilində və beynəlxalq standartlar tərəfindən bir sıra tələblər qoyulur:

- 1) kontaktların kiçik kontakt müqavimətlərinin olması;
- 2) uzun müddət təsir edən nominal cərəyan rejimində kontaktların mümkün qədər kiçik temperatura malik olması;
- 3) açılıb-qoşulma zamanı kontaktlarda erroziyanın minimal olması və ya mexaniki davamlı olması;
- 4) qısa qapanma rejimlərində yüksək kommutasiya qabiliyyətinin göstərilməsi;
- 5) kontakt səthlərindən ətrafa səpələnən ərimiş damcılar və qaynaq əlamətlərinin olmaması.

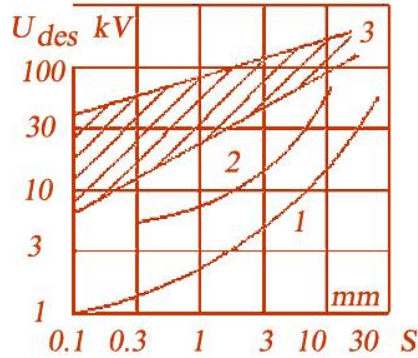
Kontakt sistemlərinin konstruktiv parametrləri kommutasiyada yaranan cərəyan və gərginliyin qiyməti ilə təyin edilir. Əsasən kontaktlar radial kanalları olan konus şəkilində hazırlanır. Ona görə, konstruktiv parametrləri təyin edərkən qövs söndürmə prinsipi və gərginliyin bərpa olunma xüsusiyyətləri diqqətə alınır.

6.1.2. Vakuym qövssöndürücü kameralar VQK

Son 30 ildə hava, yağ, eleqaz və digər yüksək gərginlik açarları ilə yanaşı vakuumlu qövs söndürmə prinsipi ilə işləyən VQK-lı yüksək gərginlik açarları geniş tətbiq tapmışdır. Onlar əsasən 6 (10), 35, və 110 kV gərginliklər üçün işlənmiş açarlardır. Ənənəvi qövs söndürmə (*hava, yağ, eleqaz*) qurğularından fərqli olaraq, vakuum kameralarının bir çox müsbət cəhətləri və üstünlükləri vardır:- nominal və qısa qapanma cərəyanlarında kontaktların aşınmaya davamlılığı, qövsdən sonra aralığın elektrik möhkəmliyinin tez və sürətlə bərpa olyuması, partlayış və yanğın təhlükəsinin olmaması, hərəkətli hissələrdə kiçik sürtünmə qüvvələri və az müqavimət göstərilməsi, işçi temperaturunun geniş diapazona (-70⁰dən 200⁰ C-ə qədər) malik olması, ölçü və kütləsinin az olması və s. kimi təkzibedilməz üstünlükləri vardır. Vakuumda boşalma tətbiq edilən gərginlikdən asılı olaraq 3 fərqli mexanizmə malikdir. Vakuum izolyasiyasının

pozulması tətbiq edilən gərginliyin qiymətindən başqa, onun forması və elektrodların səthinin vəziyyətindən də asılı olur.

Sabit gərginlik təsiri aşağıdakı hadisələrə səbəb olur:: a) tətbiq edilən gərginliyə görə qiyməti 10^{-4} - 10^{-3} A/sm²–a çatan stabil cərəyanın yaranması və bu səbəbdən vakuumindeşilməsi; b) təsir müddəti və qiyməti 10^{-4} - 10^{-3} san və A olan kiçik qiymətli dövrü cərəyan impulsunun yaranması. Bu vakuumda mikra boşalmalara səbəb olur. Onlar elektrodlardakı gərginliyə az təsir edir; c) metal elektrodun buxarlanması hesabına vakuumindeşilməsi. Bu zaman elektrodlar arası gərginlik kəskin olaraq azalır. Vakuum aralığında boşalmadan sonra, 10^{-4} - 10^{-3} saniyədə elektrik möhkəmliyi bərpa olunur. Vakuumda təkrar qövs yaranma ehtimalı da çox azdır. Vakuumda boşalma gərginliyi 30-35 kV/mm –dir. Görünür ki bu, havanındeşilmə gərginliyindən 10 dəfə böyükdür. Ona görə vakuumlu, tez təsirli orta gərginlikli açarlar geniş yayılmışdır.



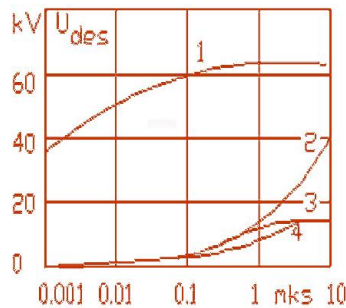
Şək. 6.1.1. Vakuum izolyasiyasının pozulma gərginliyinin məsafədən asılılıqları
1-hava, 2-eleqaz, 3-vakuum (ştrixli sahə)

Quraşdırma zamanı vakuum açarları istənilən istiqamətdə montaj edilə bilər. Onların elektrik möhkəmliyi yüksək olduğundan, hərəkətli hissələri və kontaktları kiçik məsafələrdə yer dəyişirlər. Vakuumda kontaktların səthinin izolyasiya materialı ilə örtülməsi onun effektivliyini daha çox artırır. Şək.6.1.1-də vakuum izolyasiyasının pozulmasının (elektrikdeşilməsinin) məsafə asılılığı verilmişdir. Vakuum açarlarında xidmət və təmir işlərinin kiçik olması, onlarda istismar xərclərinin azalması və iqtisadi səmərəsinə səbəb olmuşdur.

Vakuum açarlarının mənfi cəhəti, digər yüksək gərginlik açarlarına nisbətən bahalı olması və cərəyanı sıfırdan keçmədən kəsmələridir. Kütləvi istehsalın artması ilə, vakuum açarlarının texnologiyasının avtomatlaşdırılması nəticəsində bu qiymətlərin azalması mümkündür. 40–a xarici müəssisə hazırda vakuum açarları buraxır. 6-10 və 35 kV gərginliyə hesablanmış vakuum açarları daha effektiv işləyirlər. Digər yüksək gərginliklərə də vakuum açarlarının yeni variantları işlənməkdədir. Vakuum açarları ilə olan KSO-272 və KSO-285 tipli yüksək gərginlik hücrələri Azərbaycan da yığıllr. Onların

ölçüləri xüsusilə də hündürlükləri ənənəvi açarlardan daha kiçikdir. Lakin kabel girişli yuvalarda hündürlüyün kiçildilməsi muftaların daxili elementlərinin ekranlaşdırma şərtinə görə aparılmalıdır. Muftaların kabelə birləşən boğaz hissələri yuvanın döşəməsindən, muftanın boyunun 0,1-i qədər yuxarıda yerləşməlidir.

Vakuum açarlarında qövs söndürmə qurğularının mütləq təzyiqi $1,3 \cdot 10^{-3}$ – $1,3 \cdot 10^{-5}$ Pa arasında dəyişir. Belə vakuum mühitində qaz molekulasının sərbəst hərəkətinin orta uzunluğu, açarın kamerasının ölçülərindən böyük olur. Ona görə, vakuumda qövsün yanma və sönmə xüsusiyyətləri fərqli olur. Kontaklar açılarkən yaranan qövsün böyük cərəyanları təsirindən metal buxarlanır. İlk anlarda kontaklar arasında ərimiş metaldan ibarət keçirici bir körpü yaranır. Bu zaman elektrodların səthindən qenerasiya olunan metal buxarlarının elektronlarla ionlaşdırılması nəticəsində, başqa qövssöndürücü mühitlərində işləyən açarlardakına nisbətən, zəif qövs yaranır. Cərəyan sıfırdan keçdiyi zaman, bu zəif qövs sönür. Əgər, kontaklar arası qövs aralığının elektrik möhkəmliyi, bərpa olunan gərginlikdən daha tez bir zamanda böyük qiymətə çatarsa, onda təkrar qövs baş verməz. Vakuumlu qövs söndürmə kameralarında, qövsün intensiv şəkildə deionlaşması kontaklar arasında gərginliyin sürətlə bərpa olunmasına səbəb olur. Şək.6.1.2-də vakuum və digər qövs söndürücü mühitlər üçün, cərəyanın sıfırdan keçdiyi andan başlayaraq elektrik möhkəmliyinin bərpa olunma asılılıqları verilmişdir.



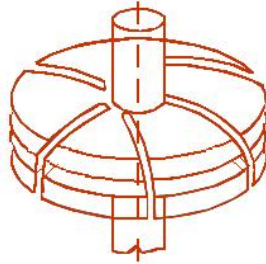
Şək.6.1.2. Bərpa olunan elektrik möhkəmliyinin zamandan asılılıq qrafikləri 1-vakuum, 2 –eleqaz, 3 – azot, 4- hidrogen üçün

Vakuumda elektrik qövsü, bir neçə min amper qiymətlərdə “diffuziya” şəkilində səpələnmiş vəziyyətdə və ya daha yüksək cərəyanlı “sıxılmış” konsentrasiyalı kanal kimi mövcud olur. Qövsün xarakterinə kontaklarda açılmış nazik yarıqlar təsir edirlər. Qövsün bir şəkildən digər şəkilə keçməsində cərəyanın bir sərhəd qiyməti mövcuddur. Cərəyanın bu qiyməti, kontakt materialı, onun forması, ölçüləri, gediş məsafəsi və cərəyanın dəyişmə sürətindən asılı olur. Bu faktorlar vakuumda kontaklar arası elektrik möhkəmliyinin bərpa olunma sürətini də təyin edir. Uyğun olaraq kontakt

materialı, onun optimal forması və kontakt gediş məsafəsini seçərək, müxtəlif parametrlərə malik qövs söndürmə kameraları layihələndirilir. Vakuumda disk şəkilli kontaktlar arasında yaranan diffuziya qövsü, bir neçə paralel qövslərə bölünür. Paralel qövslərin hər biri, kontakt materialından asılı olaraq, bir neçə yüz Amper cərəyan keçirirlər. Katod səthində olan qövs dabanlarından (katod ləkələri), paralel qövs kanallarına tərəf gəclü plazma kanalları inkişaf edir. Katod ləkələri elektrodun səthində mütəmadi yerdəyişərək, yaxınlaşdıqca bir-birini itələyir və nəticədə diffuziya şəkilində yayılan qövs bütün elektrodun səthini bürüyür. Kiçik cərəyanlarda katod ləkələrinin itələmə qüvvəsi, paralel qövslər arasındakı elektromaqnit cazibə qüvvəsindən böyük olur. Katod ləkələrinin xüsusiyyətlərinə də kontakt materialının tərkibi, forma və ölçüləri təsir edir şəx.6.1.3.

Lakin, bu günə qədər katod prosesləri və vakuumdakı deşilmə mexanizmləri hərtərəfli öyrənilmədiyi üçün, vakuum kameralarına aid bir-birini inkar edən izahatlar mövcuddur [31,32].

Katod ləkələrində cərəyanın sıxlığı çox yüksək olub, 10^6 -dan 10^8 A/sm² qiymətlərinə qədər dəyişir. Plazmanın keçiriciliyi katod səthindəki ləkələrdən emissiya edən və konus şəkilində saçan elektronların hesabına artır. Katoddan buxarlanan elektron və ionların konsentrasiyası böyük olduğundan, səth yaxınlığında təzyiq çox artır və bu zaman ləkələrdən buxarlanan metal hissəcikləri ətrafa, kontakt və yarıqların formasına uyğun şəkilində yayılırlar.



Şək.6.1.3. *Spiral yarpaqlar şəkilində dilimlənmiş kontakt sistemi*

Bundan başqa, yüksək təzyiq zonasının katod ləkəsi yaxınlığında yaranan müsbət metal ionları, yüksək təzyiqli sahənin impuls qüvvəsi hesabına elektrik sahəsinin əksinə təcil alaraq plazma konusuna qovuşurlar. Uyğun olaraq, ilkin böyük başlanğıc enerjisi olan müsbət ionlar diffuziya qövsündə katoddan anoda tərəf hərəkət edirlər. Ona görə, diffuziya qövsünün plazma zonasında cərəyanın yaratdığı sahə gərginliyi çox kiçik olur.

Əgər diffuziya qövsünün cərəyanı tədricən artırılsa, katod ləkələri və paralel qövs kanallarının sayı da artacaqdır. Bu halda qövs gərginliyi tədricən yüksəlir və yaranan elektrik sahəsi qövsdəki yüklü ionların hərəkətini tormozlayır. Nəticədə ionlar anodun səthinə çata bilmir. Bilavasitə anod yaxınlığında müsbət yüklərdə yaranan defisit nəticəsində orada gərginlik artır.

Anod yaxınlığındakı neytral metal buxarları isə aktiv zərbə ionlaşmasına məruz qalırlar. Burada keçirici plazma kanalı konsentrasiya olunur. Anod ətrafı zonada böyük enerji ayrılır və anodun intensiv qızmasına səbəb olur. Nəticədə çoxlu metal buxarları emissiya olunur və sıxılmış qövs yaranır. Bu zaman vakuumda gərginlik bir neçə yüz Volta çatır.

Diffuziya qövsünün zaman sabiti, sıxılmış qövsün zaman sabitinə nisbətən daha az olub, 100 mksan və bir neçə millisan olur. Diffuziya qövsünün söndürülməsi, sıxılmış qövsə nisbətən asan olduğundan, vakuum kontaktlarını elə layihələndirirlər ki, orada yaranan qövs müəyyən müddət diffuziya xarakterini saxlasın.

6.1.4.VQK kontaktlarının konstruksiyası

Hazırda VQK-nın kontakt sistemlərinin aşağıdakı konstruktiv variantları işlənir:- *spiral yarpaqlı; fıncan şəkilli; açılan sяряуана уйьун meydana чыхан вя ялавя магнит sahəsinin istifadye edilməsi uля olan kontakt sistemляri.*

Spiralvari yarpaqları olan kontakt sistemlərinde disk цзягінде кянарлары доьру кясилmiş seqment уагыqlар вардыр. Алт вя цет контактларда бу йарыqlар бири-биринин яксиня бужаг истигамятиндя йюняляряк, diskin ortasında уьулurlар шяк.6.1.3. Qapalı вязиууяtdя kontaktlar, dairəvi silindrik чыхыны сятһи цзягя бирляшirlяг. Kontaktlar аугылдыqда сяряуанын бюуцк қіумятлягінде ilгякварі контур сяряуанлары meydana чыхыг вя yaranan elektrodinamiki қүvvənin тәсирі илэ qövs diskin кəнарларына тярәф yer дəуишir. Spiralvari yarıqlар sayəsində kontaktlar arasında radial магнит sahəsi yaranır. Магнит sahəsinin tangensial тәшкiledicisinin тәсирindən qövs çevrə boyu yarıqlın кəнарларына тәрәф yerdəуишir. Bu zaman elektrodun сәтһи үзrə сүрүшən və магнит sahəsilə сыхышдырылан қювс, электродун дауақ нюқтялягинин ятрафымын локал шякildя isinмясиня сярбяб олмур.

қювс, хеули мүддят diffuziya едяряк сяряләнmiş вязиууяtdя saxланылыг. Şəkilдəян гюүцндүцү kimi, ачылан сяряуан мяркязи сяряуан кечиряп нақилдян seqment цзягя аугылмыш чеврянин дүрддя бир рагчасында уауылыг.

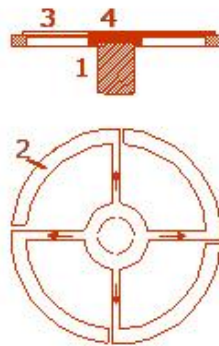
Dörd hissəyə ayrılmış çevrədə radial yayılan магнит seli isə, bir dolaqlı sarğac rolunu oynayıр və onun тәсиринин эффектini artırır.

Kontakt materialları. VQK-in konstruksiyalarının яsas elementляри olan kontakt materialларына хцсуси тярябатлар qoyulur. Kontaktlar аьыр rejimləрдə ишляуirlяг. Лакин буна бахмайараг, onlarda қаунақ яламятляри олмамалы вя кясилян сяряуанлары қаршы ашабы вя йа пассив хцсусиууятляри олмалыдыг.

VQK-lar қаралы вязиууятлягдя олдуьундан, onлары тямиз вя оксидляшмяmiş сятһляги соууқ қаунақ meylli olurlар. Қаунақ, һям дя kontaktlar қарандыбы zaman, уахынлашдыqlары anda yaranan қювсдян дя

meydana чыха бiляг. Бу problem kontakt materialына тцяууяп ашқар қатылмақла һялл edilir. Бир нечя ингредиентлярдян ибарят олан яринти тяркибли контактлар гювсюндцрцжц гурьюларда кясмя жярйяаныны (гювсцн гырылма жярйяаныны) да азалдыр. Вакуум ачарларынын ясас мянфи жящяты бу жярйяанын буюцк олмасыдыр.

ВГК-да гювс контактлары кими, мис-висмут, мис-хром вя мис-бериллиум яринтилярдян истифадя олур. Онлар металларын тоз (порошковый) гарышглары технолозийасы ясасында алыныр. Арашдырмалар эюстярир ки, ВГК-ларын коммутасийа характеристикаларына, яринтилярдя олан гарышыгларын фаиз мигдары иля йанашы, щям дя онларын юлчц нисбятляри тясир эюстярир.



Шяк.6.1.4. Ачылан сяряуандан, 4 истигамятдя магнит sahяси йаранан kontakt sistemi, 1-сяряуан кечиряп; 2- sarъас rolunu oynayan elektrod; 3-kontakt hissяsi; 4-elektrod

Камеранын эювдяси газ нцфуз етмяйян ихтийари диелектрикдян щазырланыр. Тярпянян вя тярпянмяз контактлар ися чини вя йа щщя гилаф ичярисиндя йерляшдирилир. Контактлар, камеранын диварларына метал бухарлары чюкмясинин гаршысыны алан экранларла ящятя олунур. Тярпянян контактын щерметикляшдирилмяси цццн пасланмаз поладдан щазырланмыш силифон истифадя едилир.

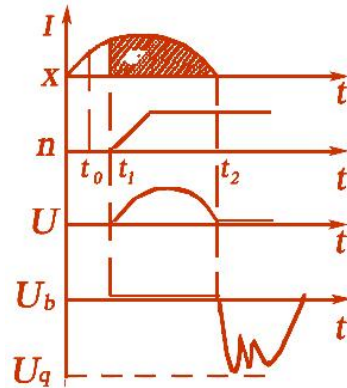
Йыбылмаздан юнжя вакуум ачарынын элементляри бир нечя саат 400 °Ж гыздырылыр. Гыздырма технолозийасынын мягсяди вакуум ачарынын элементляри вя щяжминя дахил олан материаллардан газларын кянарлашдырылмасыдыр.

Тяркибдя Хромун фаизи артдыгжа жярйяан кясилмяси щесабына йаранан тящцкцяли ифрат эярэинликляр азалыр. Контакт элементляриндя хром дяняляринин юлчцляри артдыгда ися онлар, контактларын яримя вя гайнаг хассяслярини артырыр. Бу ейни заманда, коммутасийаны писляшдирир вя ачыг контактлар арасында електрик мющкямлийинин азалмасына сябяб олур.

Vakuum mühitində aparılan nəzəri təcrübi araşdırmalar 50 kV gərginliklərə qədər yaxşı nəticələr verən izolyasiya olduğunu sübut edir. ВВ/ТЕЛ və Самара SEŞ növlü vakuum açarları (VA) 10-35 kV gərginliklərə hazırlanır. 10 kV-a hazırlanmış VA-lar 6 kV gərginliklərdə istifadə edilir. шяк.6.1.5. Арада сейрякляшмиш мцщит олдуьундан гювс, метал контактларын сятщиндян айрылан бухарланма иля йараныр.

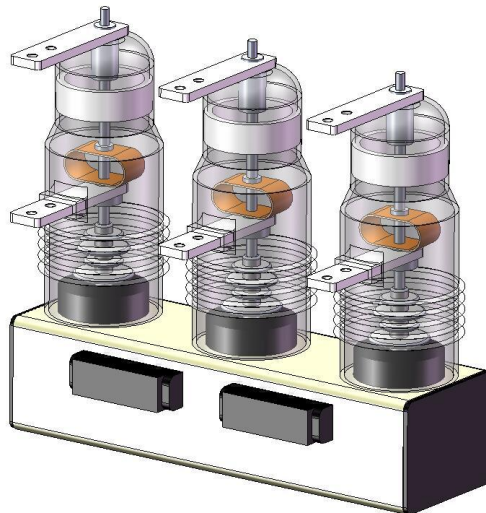
Онларын иш принципи, истифадяйя щазырланма, техники хидмят вя характеристикалары хцсуси тялиматларда йазылыр. Бу ачарлар, нисбятян йени тип олдугларындан (1990 –жы иллярдян даща эениш тятбиг едилир), ямялийат апаран хидмят щейяти цщн заводлар тяряффиндян монтаь, техники хидмят, истисмара щазырлыг вя с.-я аид тялиматлар йазылмышдыр.

Вакуум ачарлары, пайлайыжы електрик щябьякляринин комплект пайлайыжы гурьуларында (КПГ) вя йа бир тяряфли хидмят олунан йыьма камераларында (БХЙК) гурашдырылыр. Онлары мювжуд Рус-КСО камераларына уйьунлашдырмаг цщн адапдасийа элементляри щазырланмалыдыр. Самара СЕШ-ин вя Таврида ВВ/ТЕЛ каталогларында беля адапдасийа говшаглары верилир. Вакуум ачарларынын ясас конструкторийа елементи цмуми валла ялагяляндирилмиш вя щяр фазада *«магнит килидлямяси»* олан електромагнит интигалдан ибарятдир. Бу конструкторийа, яняняви вакуум ачарларына нисбятян бязи фяргли хцсусиййятляр вермишдир: - *бюйцк механики ресурс, кичик юлщ вя чяки, ачма вя гошма дювряси цзря аз енерьи сярфи, сабит вя дяйищян ямялиййат жяряйанлары иля ачма-гапама просесинин идаря олунмасы, истисмар мцддятиндя тямирлярин олмамасы* вя с. Щазырда бу Рус ачарларындан daha мукəmməl хассəлəгə malik olan ABB, HOLEÇ, ALSTOM, COOPER kimi vakuum ачарлары vardır. Onlar BEK-56 standartlarına uyğun sertifikatla buraxılır. Şək. 6.1.5–də ачарын ачылмасында alınan ossilloqramlar verilir. Ачарларын ишарялянямяси ашаьыдакы кими олур: - *ачарын тиши - ВА (ББ), серийасы - ТЕЛ, номинал эярэинлик - 6(10) кВ, номинал ачма жяряйаны/номинал жяряйан - 12,5кА/630А, иглим щяраити «орта соуг» - У2, каталог цзря конструкторийа нюмряси (41,42,43,44,45,46,48).*



Шяк. 6.1.5. Дяйишиян жэярайанын ачылмасы щалында Вакуум ачарларында алынмыш осиллограмма I - ачылан жэярайан, x - контактларын щярякяти, n - контактлар арасында ионлашмыш метал бухарынын консентрасийасы, U - контакт аралыындакы эярэинлик, U_b - гювсдя эярэинлик дщщэцс, U_q - контактлар арасы бярпа олунан эярэинлик, t_0 - ачма командасы верилан ан.

Гювсцн сщндщрщлмьасы дярин вакуумда ($5 \cdot 10^{-4}$ - $4 \cdot 10^{-5}$ Па тязйигдя) эедир. t_0 анында ачылма командасы верилдикдя контактляр арасында t_1 заманында гювс алышыр. Бу андан гювсдя 30 В-а йахын бир эярэинлик дщщэцс олур. Контактлар арасында метал бухарлары эярэинлийин бу гиймятини вя алышан гювсц t_2 - мщддятиня гядяр сахлайыр.



Шяк.6.1.6 6(10) кВ-луг вакуум ачары

Dolmuş buxar vaakuumda 10^5 san müddətində aralığı tərک edir və sinusoidal cərəyan sıfıra yaxınlaşdıqda qövs sönür, cərəyan qırılır. Bu андан vakuum açarı aralığın bərпа олунан U_b гяргинлийинин тасиринэ дщщр. Lakin

vakuum aralığı, 30-35 kV/mm elektrik möhkəmliyi ilə qövsün təkrar yanmasının qarşısını alır və açılma müvvəffəqiyyətli olur, şək.6.1.5.

6.1.5. Açarlarda elektrik prosesləri. Bərpa olunan keçid gərginlikləri

Açarların qapalı qövs kameralarında dəyişən cərəyan qövsü sabit cərəyan qövsündən fərqlənir. Bu xüsusilə yükəsk gərginlik açarlarının kontaktları arasında qapalı qövs prosesinə aiddir. Dəyişən gərginlikli qövs cərəyanı 0,01 san-də iki dəfə sıfırdan keçdiyindən onun sönməsi üçün 2 dəfə şərait yaranır. Sıfırdan keçən qövsün sönməsi ifrat gərginliklərin yaranmasının qarşısını alır. Çünki induktivliyin $Li^2/2$ enerjisi sıfır olur.

Böyük sabit cərəyanlarda açılan konturun anod yaxınlığında gərginlik sabiti ($a \ll bL_{qövs}$) 30 V-dan kiçik olarsa, açılmada qövs yaranmaz. Dəyişən gərginliklərdə, dövrə cərəyanının açılma sürəti və qövs cərəyanının dartılma sürətləri sabit olur. Bu halda yanan qövsdə gərginlik düşküününün ifadəsi:

$$u_q(\tau) = b \cdot l_q \approx b \vartheta \tau \quad \text{olur.} \quad (6.1.1)$$

Bunu qəbul etdikdə dəyişən cərəyan açarlarında qövsün sönmə prosesi izah edilir. Sırf aktiv müqaviməti olan cərəyan dövrəsinin açılmasında a sabitini nəzərədən atdıqda aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$\left. \begin{aligned} E \cdot \sin \omega \tau &= R \cdot i + b \vartheta \tau; \\ i &= I \sin \omega \tau - \frac{b \vartheta \tau}{R}. \end{aligned} \right\} \quad (6.1.2)$$

burada E konturun ehq-si, R -aktiv müqavimət, v açılmanın sabit sürəti, I -qapalı konturun cərəyanıdır.

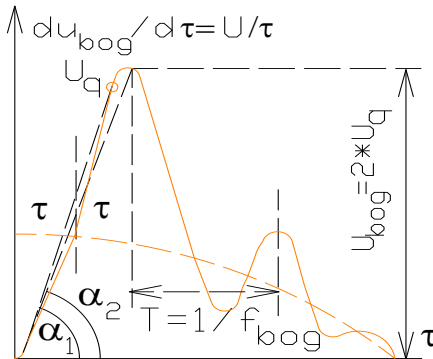
L -induktiv elementi olan dövrənin açılması isə, mürəkkəb xarakter daşıyır. Bu halda qövs yaranan aralıqda gərginliyin dəyişməsi, mənbəin ehq-in dəyişməsindən aşağı sürətdə olur. Ona görə demək olar ki, içəridə qövs olmayan sahə qalmır. Bu zaman qövs aralığında güclü deionlaşma və elektrik möhkəmliyinin bərpa olunması ehtimalları artır. Eyni zamanda qövsün təkrar yanmasının qarşısını almaq üçün elektrik möhkəmliyi sürətlə bərpa olunmalıdır. Qısa qapanmada gərginlik cərəyan arasında faz sürüşməsi 90° olur. Cərəyan sıfırdan keçdikdə, gərginlik maksimal olduğundan, bərpa olunan keçid gərginliyi - BKG daha çox olur.

Tutum olan haldan fərqli olaraq, induktiv dövrənin açılması zamanı gərginlik sıçrayışla dəyişdiyindən qayıdış gərginliyi sürətlə maksimal qiymətə çatır və qövsün yanma ehtimalı artır. Real sistem və şəbəkələrdə generator, transformator, hava və kabel xətlərinin tutum və induktiv elementləri açılma prosesinə birlikdə təsir göstərilir.

Açarların kommutasiyası zamanı açılan cərəaynlardan sonra bərpa olunan keçid gərginliyi BKG, qayıdış gərginliyi və qövsdə gərginlik düşküüsü

үчүн асылық графикалары шәк 6.1.5-дә verilmişdir. Bu hallar үчүн Бу шаллар цццн ВГК–ын коммутасийа ресурслары чох буюцк олур. Буна бахмайараг гювсцн там сюнмясиндян сонра ачарын контактларында бярга олунан кечид эярэинликляринин - ВКГ hesabatında тәкә ачарларын хассәсіндән дейил, sistemin (шәбәкәнин) мәхсуси тезликләри вә қыса қаранма нөқтәләріндән асылы олан бир процесдир. Bu hallarda охшар hadisәләрә гөрә вакуум ачарлары үчүн һәлә кифаят қәдәр статистик нәтицәләр вә мәлуматлар топланмамışдир.

ВКГ-нин әйриси биртезликли вә чохтезликли топлананлардан тәшкил olunur. Ümumiyyәtlә биртезликли әйринин өзү дә чохтезликлидир. Чүнки ачılan шәбәкә тәрәfdә ачардан мәнбәyә тәрәф yаранан мәхсуси үйксәк тезликли гәргинликләр, хәтт тәрәfdән 50 Hs тезликли гәргинлик әйриләри илә топланыр. Контактларда топланан бу әйриләрин үзәринә yenidән хәтт тәрәfdән QQ нөқтәсинин *l* uzaqlığına гөрә, $\tau=4\cdot l/v=75000/l$ –микросанийәләрә уyğun тезликли гәргинликләр әлавә olunur. Nәтицәдә контакт гәргинликләринин тәркибиндә чохтезликли тәшкiledicиләр olur. Шәбәкә ВКГ –и işçi тезликдән 10 дәfәләрлә бөyүк olur. Ona гөрә ачарын контактларында, QQ нөқтәси 5-6 км мәsafәдә олан hallar үчүн микросанийәләрлә кечән гәргинлик рәқсләри бағ verir. Bu zaman 50 Hs тезликли гәргинлик sabit қәбул edilir шәк.6.1.7.



Шяк. 6.1.7 Бярга олунан эярэинлийин тyактезликли рyагслянмя яйриси

Бярга олунан эярэинлийин тyактезликли яйриси ашаьыдакы яламятляри иля характеризя олунур: $\phi_{\delta\sigma\sigma}$ –бярга олунан эярэинлийин тезлийи; $du_{\delta\sigma\sigma}/d\tau$ –бярга олунан эярэинлийин артым сyрyати; $U_{\delta\sigma\sigma m}/U_c=K_a$ – амплитуда ямсалы, бярга олунан эярэинлийин амплитуд гиймятинин гайыдыш эярэинлийинин максимал гиймятиня олан нисбятидир.

Бярга олунан эярэинлийин артым сyрyати вя тезлийи бццн юлкялярин стандартларында юз яксини тапмышдыр. Бу стандартлар шябyакянин мцхтялиф нюгтяляриндя олан гыса гапанмаларын ачарларла ачылмасынын мцвяфyагиййятли кечмясиня хидмят вя кюмяк едирляр. Шяк.6.1.7-дя ачардан 5-6 км йахынлыгда олан ГГ –нын ачылмасынын тyактезликли контурдан алынан щесабат яйриляри эюстярилмишдир. Щесабатлар ашаьыдакы гайдада апарылыр:

$$K_a = \frac{U_{bogm}}{U_q} = \frac{du_{bog}/d\tau}{U_{qm}} \cdot 2\tau = \frac{du_{bog}/d\tau}{2 \cdot f_{bog} \cdot U_{qm}} \quad (6.1.3)$$

$$f_{bog} = \frac{du_{bog}/d\tau}{2 \cdot K_a U_{qm}} \quad (6.1.4)$$

$$\frac{du_{bog}}{d\tau} = 2 \cdot K_a \cdot f_{bog} \cdot U_{qm} \quad (6.1.5)$$

Burada U_c -açarın kontaktlarında qövsün tamamilə sönməsindən dərhal sonra yaranan sənaye tezlikli gərginlikdir–qayıdış gərginliyi adlanır. f_{bog} bərpa olunan gərginliyin tezliyidir. K_a - gərginliyin amplitudasının artım əmsalındır; $du_{bog}/d\tau$ - bərpa olunan gərginliyin artım sürətidir.

Şəbəkənin aktiv yükü konturda sönməni artırdığından gərginliyin artım əmsalına təsir edərək, bərpa olunan gərginliyin amplitudasını və dikliyini azaldır. Nəticədə açılan konturda gərginlik qövsün sönməsindən dərhal sonra bərpa olunmur şək.6.1.7. Keçən τ müddətindən sonra isə aralığın elektrik möhkəmliyi xeyli artır. Sadə ardıcıl birləşmiş R, L, C dövrəsini götürdükdə tək tezlikli BKG –ni aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$u_{bog}(\tau) = U_{qayid} \sqrt{2} \cdot (1 - e^{-\delta/\tau} \cdot \cos \omega_1 \tau) \quad (6.1.6)$$

burada u_{bog} - bərpa olunan əyrəninliyin ani geyməti, U_{qayid} –işçi əyrəninliyin təsiredişi geyməti, $\delta = P/2LI$ – контурун сүнмә декременти, $\omega = 1/\sqrt{LC} = 2 \cdot \pi \cdot f_{bog}$ - контурун бужаг тезлийидир.

Компенсация едилмиш нейтраллы в я ишчи U эрэнлик рѣиминдя ишляян, торпагла ялагяси олмайан ццфазлы гыса гапанмаларын ачылмасы заманы, ачылан биринжи фазада ($K_a=2$) бэрпа олунан кечид эрэнлийинин артым сцряти ашабыдакы кими щесабланыр:

$$\frac{du_{bog}}{d\tau} = 2 \cdot 2 \cdot f_{bog} \cdot 1,5 \frac{U \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3}} = 4,9 \cdot f_{bog} \cdot U \quad (6.1.7)$$

Аçılan контур мұқавимәти (sxem) tutum xarakterli olduqda bərpa olunan gərginlik $4 \cdot \tau_c$ periodu ilə dəyişən rəqsi şəkildə olur. Bu qövs aralığında elektrik möhkəmliyinin bərpa olunmasına müsbət təsir edir. Çünki tutum nə qədər böyük olarsa qövsün sönməsi etibarlı və açarın işi asan olur. Qısa qapanma cərəyanlarının müvəffəqiyyətlə açılması və açarda qövsün sönməsi iki prosesin qarşılığı şəraitində keçir; -qövs aralığında elektrik möhkəmliyinin bərpa olunması və açarın kontaktları arasında keçid gərginliyinin bərpası.

Ачылма просесиндя ГГ нюгтясинин ачардан олан мясафяси дя хцсуси рол ойнайыр. Ачардан олан мясафя 5-6 км олдугда ачылан дювря щиссясинин тутуму чох кичик омур вя шябьякя щиссясинин бэрпа олунан эрэнлийинин мяхсуси рягс тезлийи хейли артыр. Бу щалда ачма

заманы, ачарын иш режими чох абыр кечир. Бу бярга олунан эярэинлийин сцратинин вя амплитудасынын артмасы иля изаш едилер. Бу шяраитлярдя ачачрын ишинин йцнэцлляшдирилмяси усулларындан бири шунтлайыжы мцгавимятлярин тятбигидир. Шунтлайыжы мцгавимятлярин тясириня ирялидя бахылажагдыр. Онлар ачарларын ачма габилиийятини артырыр вя бярга олунан эярэинлийин сцратини азалдыр.

Ачарларын коммутасија қабилйуётинин нормаллашдырылышы

Електрик дөврөлэриндэ қыса қаранманнн (QQ) ачылышы вэ яа қаранмасынн тэмин едэн хусуци ачарлар сецилмэлидир. Лайиэ учун техники шэрт verilэн хэр бир дөврэдэ бу мэсэлэ хусуци қайдата фэрдн апарылр. QQ режимлэриндэ дөврэни ачма-қарамасы ачарларын коммутасија қабилйуэти адланр. Она гөрэ ilk öncэ ачарларда номинал ачма сэрэяанлары $I_{номац}$ вэ номинал қаранма сэрэяанлары $I_{номқар}$ тэyin edilir.

Номинал ачма сэрэяаны. Ачма процесинин цэтинлији эсасэн ачылан сэрэяанын периодик тэшкiledicisinin қиймэтиндэн асылдыр. Она гөрэ номинал ачма сэрэяаны kimi симметрик сэрэяанын периодик тэшкiledicisinin эн бөйүк қиймэти вэ яа қөвс сөндүрүcü контактларын τ моментиндэки асимметрик сэрэяанын периодик тэшкiledicisinin эн бөйүк қиймэти қэбул edilir. Ачар асимметрииасы $\beta = i_{ат} / (\sqrt{2}I_{п\tau})$ қиймэтиндэн $\beta_{ном} = i_{ат\ nom} / (\sqrt{2}I_{номац})$ қиймэтинэ қэдэр olan сэрэяанлары етибарлы шэкилдэ ачмалыдыр. Бу zaman шэбэкэдэ эн бөйүк ишчи гэргинлик, бэрпа олунан гэргинлиyin номинал параметрлэри, ачма вэ қаранма эмэлиyyатларынн нормаллашдырылыш тсикллэри ola билэр.

QQ сэрэяанынн периодик тэшкiledicisinin τ моментинэ уyğun olan азалма эырисинэ гөрэ тэсиредичи қиймэти шэк. 4.1-дэ гөцтэрилмишдир.

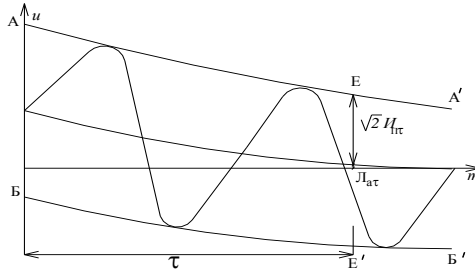
Qөвс сөндүрүcü контактларын τ ачылма моментн, ачарын хусуци ачма $t_{ацх}$ мүддэти вэ реле мөхавизэсинин минимал тэсир мүддэтинин (0,01 сан) сэминдэн тэшкил olunur:

$$\tau = t_{ацх} + 0,01сан \quad (10.1)$$

Ачарларын хусуци ачма мүддэти завод тэрэфиндэн гөстэрилер. Хусуци ачма мүддэти ачара команда верилдиyi andan қөвс сөндүрүcü контактларын ачылышына қэдэр кечэн мүддэтидир.

Номинал асимметрия faizлэ ifадэ edilir:

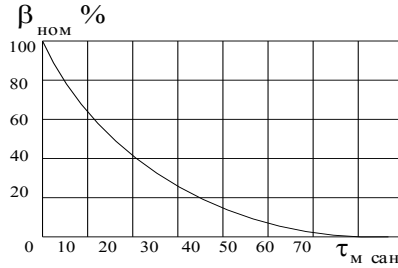
$$\beta_{ном} = i_{ат\ nom} \cdot 100 / (\sqrt{2}I_{нома}) \quad (10.2)$$



Şək. 10.1 Açılan QQ cərəyanının osilloqramı AA^1 və BB^1 –əyrilərin əyiciləri, EE^1 – qövssöndürücü kontaktlarının açılma momentidir.

Açarlara aid DÜİST 687-78-ə əsasən nominal assimetriya - β_{nom} , τ müddətinin funksiyası kimi verilir şək.10.2.

Şək.10.2, $\beta_{nom}(\tau)$ əyridən görüldüyü kimi, $\beta_{nom}(\tau)$ funksiyası, τ/T_A dərəcəsi ilə eksponensial azalan əyri şəklindədir.



Şək.10.2 τ - hesabat müddətində açılan cərəyanın nominal assimetriya asılılığı.

Şəbəkənin bir çox nöqtələrində olan orta müddət kimi - $T \geq 0,045$ san qiyməti qəbul edilir. $\tau > 70$ msan müddətindən sonra $\beta_{nom}(\tau) = 0$ olur.

Açılan nominal cərəyana görə açarların seçilməsi aşağıdakı şərti ödəməlidir:

$$I_{noma} \geq I_{p\tau} \quad (10.3)$$

$$I_{a\tau nom} \geq i_{a\tau}$$

Burada $i_{a\tau nom} = \sqrt{2} I_{noma} \beta_{nom} / 100$ açılan cərəyanın aperiodik təşkiledicisinin nominal qiymətidir.

Verilmiş bərabərsizliklərin sol tərəfində açarların nominal parametrləri, sağ tərəfində isə hesablanacaq qiymətlər yazılmışdır.

İkinci şərt ödənmədikdə, cərəyanın aperiodik təşkiledicisi nominal qiymətindən böyük olur. Bu halda tam açılma cərəyanının aşağıdakı şərti qiyməti istifadə edilir:

$$\sqrt{2}I_{noma} (1 + \beta_{nom}/100) \geq \sqrt{2}I_{\rho\tau} (1 + \beta/100)$$

kimi hesablanır.

$$\text{buradan} \quad I_{noma} \geq I_{\rho\tau} \frac{1 + \beta/100}{1 + \beta_{nom}/100}$$

Sonuncu ifadədən görünür ki, açarlar QQ cərəyanının aperiodik təşkiledicisinin nominal cərəyanından böyük qiymətlərində açma bilərlər. Bu halda, nominal açma cərəyanə $I_{aç}$ hesabat $I_{\rho\tau}$ cərəyandan $\frac{1 + \beta/100}{1 + \beta_{nom}/100}$ nisbəti qədər böyük olur.

Nominal qapama (qoşma) cərəyanı. Açarın QQ-da nominal qoşma cərəyanı, etibarlı şəkildə qapanmasını təmin edir. Zavodda ən böyük təsiredici bu cərəyanın qiyməti nominal açma cərəyanına bərabər götürülür:

$$I_{nomqap} = I_{noma}$$

Eyni zamanda ən böyük ani cərəyan aşağıdakı kimi yazılır:

$$i_{nomqap} = 2,55I_{nomaç}$$

Buradan göründüyü kimi nominal açma cərəyanına görə seçilmiş açarlar nominal qapanma cərəyanına görə də etibarlı şəkildə kommutasiya edirlər. Bu səbəbdən əlavə yoxlamaya ehtiyac yoxdur.

Açılıb qoşulmanın normallaşdırılmış əməliyyat tsiklləri. Avtomatik təkrar qoşulmalar (ATQ) üçün nəzərdə tutulmuş açarlarda aşağıdakı normallaşdırılmış tsikllər verilmişdir:

$$1) 0 - t_{c-zpauza} - Q0 - 180san - BO;$$

$$2) 0 - 180san - BO - BO$$

Burada 0-QQ açılma əməliyyatı; Q0 qq-ya qoşulma və dərhal yenidən açılma; $t_{c-zpauza} - ATQ - nu$ normallaşdırılmış cərəyansız gözləmə müddətidir. Cərəyansız müddət 0,3-1,3 san arasında dəyişir.

Açarların istilik və elektrik-dinamiki dayanıqlığının yoxlanılması. Elektrik aparatlarının elektirik dinamiki dayanıqlıq şərtləri aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$I_{dinnom} \geq I_{po}$$

(10.4)

$$I_{dinnom} \geq i_{xüü}$$

Elektrik dinamiki dayanıqlığın nominal cərəyanları aşağıdakı şərtlərlə yazılır:

$$I_{dinnom} = I_{noma}$$

$$I_{dinnom} = 2,55I_{noma}$$

(10.5)

Buradan görünür ki nominal açma cərəyanına görə seçilmiş açar kifayət qədər elektrik dinamiki dayanıqlığa malik olur.

Açarların istilik dayanıqlığı aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$I_{istnom}^2 t_{istnom} \geq B$$

burada I_{istnom} - açarın nominal açma $I_{nomaç}$ cərəyanına bərabər istilik dayanıqlığının nominal cərəyanı, τ_{istnom} - istilik dayanıqlığının nominal müddəti (3-4 san), $B - 0 - t_{aq}$ intervalında hesablanan Coul inteqralıdır.

Bərpa olunan gərginliyin sürəti (BGS) dövrənin açılma prosesinə təsir göstərir. Tutum olmadıqda, açarın kontaktında gərginliyin dəyişməsi eksponensial asılılığa malik olaraq aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\frac{dU_{BKG}}{dt} = \sqrt{2}I\omega Z_c \exp \frac{-Z_c t}{L_M} \quad (10.6)$$

Sonuncu ifadədə $t=0$ şərtində, BGS $S = \sqrt{2}I\omega Z_c$ olur. Göründüyü kimi, BGS açılan cərəyana və xətlərin cəm dalğa müqavimətlərinə mütənəsibdir.

7 TAC HADISƏLƏRİ VƏ ONLARIN TƏSİRLƏRİ

YG-də elektrik tac hadisələri əhəmiyyətinə və təsirlərinə görə faydalı və zərərli olurlar. Son zamanlar taclanan elektrodlar vasitəsilə elektrik sahəsinin tənzimlənməsi, materiallarının səthinin aktivləşdirilməsi, dielektrikin yükləndirilməsi və ayrılıb təmizlənməsi kimi faydalı elektron-ion texnologiyası tətbiq edilir. Bu üsulların tətbiqində, taclanan elektrodların seçilməsi, qütblüyü, forma və ölçülərini dəyişməklə taclanma prosesini idarə etmək olar. Məsələn, iti uclu müsbət yüklənmiş elektrodlarda taclanma daha böyük gərginliklərdə olduğundan, aktivləşdirmə effektivliyi mənfi elektrodla nisbətən daha yüksək olur. Ona görə, neft məhsulları və yanacaqın “Elektrik təmizləyici qurğusu” (ELTQ), qurğularında su buxarları və duzlu birləşmələrinin təmizlənməsi zamanı hissəcikləri müsbət elektrodlarla yükləndirirlər. Yüklənmiş hissəciklər asanlıqla tərkibdən ayrılır.

Digər tərəfdən yüksək gərginliklərdə baş verən və idarə olunmayan taclanmalar elektrik avadanlıqları, texniki qurğu və elementlərə zərərli təsirlər göstərirlər.

7.1 Tac boşalmaları və onların xarakteristikaları

Yüksək gərginlikli elektrik veriliş xətlərinin keçiriciləri nominal gərginlik və cərəyanlarına görə seçilmiş, diametrləri $d=12-50$ mm olan, polad özəkli burulmuş Al məftillərdən ibarətdir. Gərginlik sinfi və montaj şərtlərindən asılı olaraq məftillərin dayaqlarda asılma hündürlüyü $h=14-36$ m arasında dəyişir. $d \ll H$ olduğundan, yüksək gərginlik təsirlə məftil ətrafında

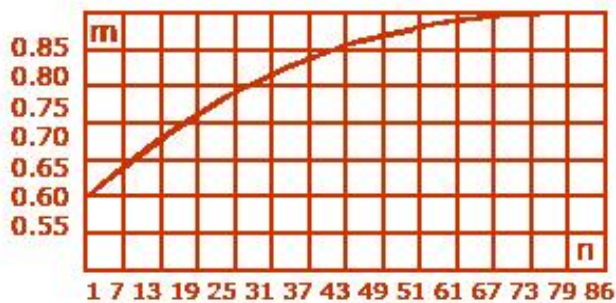
yaranan sahə 2H radiusla qapanır. Burulmuş Al məftilin üstündə qeyri hamar girinti-çixıntılarının yaxın ətrafında ESG artır. Xətt məftili yaxınlığında havanın ionlaşma dərəcəsi yüksək olur. Havada nəmlik, yağış, qırov, qar, buz və sırsıra olduqda taclanma güclənir. Taclanmada məftil yaxınlığında fəzada məhdud bir yerdə silindr şəkilində işıqlanma və fotonlar görünür. Buna tac “qılafı” deyilir. İqlim, relyef və hava şərtləri ilə taclanma dəyişir. R radiuslu xətt məftili ətrafında yaranan taclanma elektrik sahə gərginliyi aşağıdakı ifadə ilə yazılır:

$$E_{bas} = 24.5m \cdot \delta \cdot \left(1 + \frac{0.65}{(\delta \cdot r)^{0.38}} \right) \quad (7.1.1)$$

İfadə məftilin mənfi qütblüyünə aiddir. Lakin qütblük effekti az təsir etdiyindən müsbət qütb üçün də tətbiq edilir. $r < 1$ sm məftil üçün taclanma F.Pik formulası ilə yazılır:

$$E_{bas} = 30.3m\delta \cdot \left(1 + \frac{0.3}{\sqrt{\delta \cdot r}} \right) \quad (7.1.2)$$

İfadələrdə r –sm-lə götürüldüyündən, $E_{baş}$ - kV/ sm lə alınır. m - məftil səthinin qeyri hamarlıq əmsəlidir. Burulmuş Al məftillərin səthi hamar olmadığından, hava xətlərində taclanma eyni diametrlilik silindrik səthə nəzərən aşağı başlanğıc gərginliyə malik olur. Çünki, $E_{baş}$ -ın hesabında hava şərtlərindən asılı olaraq, $m=0.6 \div 0.8$ arasında dəyişir. Məftilin üzərində yağış damcısı, qırov və buz çixıntısı qaldıqda m 0.6-ya bərabər qiymətlə götürülür. Şək.7.1.1–də çox telli burulmuş Al məftilin səthində m –in məftillər sayından asılılığı verilmişdir. 220 kV və daha yüksək gərginliklərdə EVX-də taclanmanın qarşısını almaq üçün məftilin en kəsiyi artırılır. Taclanmanın ləğv edilməsi üçün faz məftillərinin artırılması (şaxələnmə) üsulu da tətbiq edilir. Şaxələnmə zamanı faz məftilləri 2, 3 və daha çox saylara parçalanır. Ona görə bir fazanın q yükü və cərəyanı bu məftillər arasında bölünür. Nəticədə faz məftilləri ətrafında ESG-yi azalır və taclanma ləğv edilir.



Шяк.7.1.1. Електрик ютирцжц щавя хяттинин чох телли мяфтилиндя гейри щамарлыг ямсалы m-ин мяфтилляр сайындан асылылыг яйриси

Мяфтилфин йахынлыбында шаванын ионлашмасы нятижясиндя йаранан електрик йцкляри, мяфтилин дяйишян эярэинлийинин гцтблцйцня уйбун ишарядя олур (шяк.7.1.2). Бу щала "униполйар" тажланма дейилир. Тажланмада йаранан щяжми йцклярин ишарясиндя асылы олмайараг йцкляр щямишя мяфтилдян йеря истигамятляндийиндя, мяфтилин сятциндя ЕСЭ-йи артмаъа башлайыр.

Мяфтилин йахынлыбында йаранан тажланма йцкляри, синусоиданын бир йарым периоду ярзиндя щярякят едяряк, ондан тяхминян $0,5 - 0,7$ м мясафяйя узаглашырлар. Мяфтиляр арасы мясафя ися даща буюцк олдуьундан, гоншу фазлара вя йа йер сятциня чох аз мигдарда йцкляр чатыр. Мяфтилдя эярэинлийин синусоидал артмасы нятижясиндя ионлашма дяряжяси эцжляндикжя, тажланма областында щяжми йцклярин чохалмасы иля, ЕСЭ-йи $E_{\text{баш}}$ –а гядяр азалыр, вя йа йарандыбы сабит гиймятиндя сахланылыр. Она эюря мяфтилин сятциндя вя онун цилиндрик тажланма зонасында (*тажланма гилафы*) електрик сачя эярэинлийи, сабит - $E_{\text{баш}}$ олур.

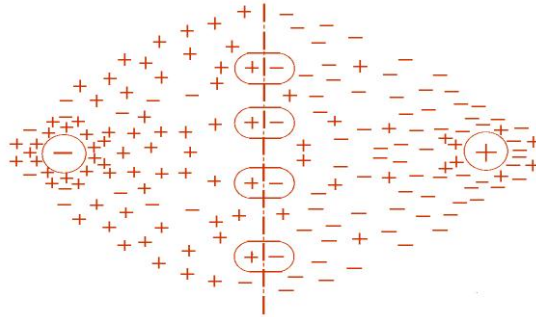
Щямин сачянин тясириндя щяжми йцклярин артмасы вя онларын щярякятиндя ися, електрик жяряйанлары йараныр. Ионларын щярякяти цццн щям дя електрик сачясинин енерьиси сярф олунур. Бу щал, тажланмада енерьи иткилярия сябяб олур. Щямин анда мяфтилин синусоидал эярэинлийинин, башланьыж эярэинликдя ня гядяр чох олмасындан асылы олмайараг, $U_{\text{баш}}$ - ашаьыдакы кими ифадя едилир:

$$U_{\text{баш}} = E_{\text{баш}} r l n \frac{2H}{r} \quad (7.1.3)$$

Щяжми йцклярин артмасы иля, тажланмада йаранан эцж вя енерьи иткиляри дя артыр. Мяфтиляри йахынлыбында електрик бошалмасынын тажланма гилафы санкы мяфтилин диаметринин буюцмясиня эятирир. Бу заман эениш диаметрли бошалма фязасында "стример" характери алан таж жяряйанлары мцщащидя едилир. Онлар гыса мцддятли $10^{-6} \div 10^{-8}$ сан–лик импульслар щякилиндя олур. Тажланмада беля йцксяк тезликля дяйишян йцкляр вя жяряйанлар, эениш диапазонлу електромагнит шуалары йарадыр. Стример характерли тажланмалар мяфтилдян чох узаглашмыш, илкин тажланмада (лавина характерли) йаранан йцкляр ися, мяфтилин йахын ятрафыны бцрцйцрляр. Она эюря, стример тажланмасы радио вя телевизийа верилишляринин йайылмасына манеляр тюрядир.

Ультра йцксяк эярэинликли ВВХ-ин мяфтиляриндя йаранан тажланмалар заманы, хцсуси олараг йаьышда эцжлц сяс ефекти дя йараныр. Ики, мцхтялиф ишаряли тажланан мяфтиляр арасында йцклярин гаршылыгы щярякяти олур. Бу заман мцсбят мяфтилин

йцкляри мянфи мяфтиля, мянфи мяфтилин йцкляри ися, яксиня мцсбят мяфтиля тяряф щярякят едирляр шяк.7.1.3.



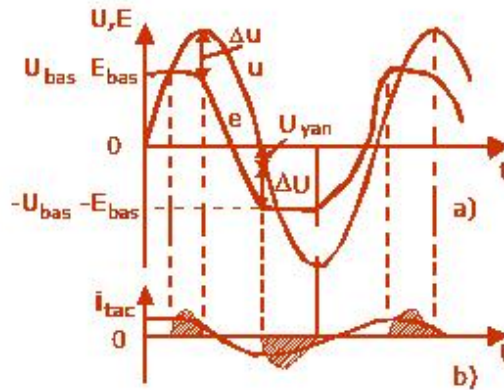
Шяк.7.1.3. мяфтиллярдя биполяр тажланма олдуьу щалда щяжми йцклярин пайланмасы

Мяфтилляр арасы мясафянин ортасында, електрик сащя эярэинлийи минимал гиймятдя олур. Бу зонада ионларын гисми рекомбинасийасы башлайыр. Йцклярин хейли щиссяси, якс полйарлыг тяряфя кечяряк орада ЕСЭ-ни эщжляндирирляр. Нятиждя ионлашма интенсивлийи, тажланма жяряйанлары вя енерьи иткиляри дя артыр. Тажланманын беля реьими 'биполяр тажланма' адланыр.

Ионлар кичик йцрцкляйя малик олдугларындан онлар синусоиданын якс гцтбя кечмяси мцддятиндя таж гилафында галараг, нювбяти йарымпериодун иштиракчылары олагаг, ЕСЭ-нин артмасына сяббя олурлар. Бу просес щяр дяфя тякрарланыр. Она эоря, щяр нювбяти йарымпериодларда тажланманын йанма эярэинлийи бир яввялки йарымпериодда башлайан тажланмадан даща ашаьы эярэинликлярдя мейдана чыхыр.

7.1.2. Йцксяк эярэинликли електрик верилиш хятт мяфтилляриндя таж щадисяляри

Дейилдийи кими, тажланмада йаранан щяжми йцкляр, эярэинлийин щяр нювбяти йарымпериодунун якс ишаряли иштиракчылары олулар. Бу заман мяфтиля эярэинлийин гцтбцлщйц дяйишярякян, онлар мяфтиля-эери соврулагаг орада рекомбинасийа олунурлар. Она эоря бу йцкляр, мяфтиля тажланма жяряйанларынын артмасына сяббя олурлар, Шяк.7.1.4. Йцклярин чох аз бир щиссяси гоншу фаза вя йа йеря чатараг иткийя эедирляр. Она эоря, цч фазлы ЕЮХ мяфтилляриндя баш верян тажланма бири-бириня тясир етмир вя тажланмада биполярлыг еффекти нязярдян атылыр.



Шяк.7.1.4. Дяйишяи эярэинликдя тажланма щадисяси, а - мянбяин у эярэинлийинин вя ЕСЭ-нин замандан асылылыьы-е; б-таж щадисясиндя $i_{таж}$ -жярйяанын дяйишмяси

Шяк.7.1.4 –дя эюстярилдийи кими хятт мяфтилляринин щяр-щансы биринин, синусоидал эярэинлийя сыфыр анында гошулдуьуну фярз едяк. Мяфтилин эярэинлийи артдыгжа онун сятщиндя електрик сащя эярэинлийи дя артыр. Садялик цццн, эярэинлик- $U_{баш}$ вя ЕСЭ-нин $E_{баш}$ мигйаслары еля сечилмищдир ки, онларын башланьыж гиймятляри ординат охунун ейни нюгтясиня дщщр. Щямин нюгтядя мяфтиля таж бошалмасы башлайыр. Мянбяин тьсири иля эярэинлик бундан сонра да артмаьа давам едир. Лакин мцсбят щяжми йцклярин (ионларын) топланмасы сябябиндяи ЕСЭ-нин мяфтил ятрафындакы $E_{баш}$ гиймяти дяйишмяз галыр. Эюрцндцйц кими, эярэинлик амплитуд гиймятиня U_m чатдыгда, тажланма кьсалир. Мцсбят щяжми йцклярин яталятини нязря алараг онлар бир мцддят щяркьятсиз гьбул едилярся, бу андан сонра електрик сащя эярэинлийи синусоидал ганунла, Шяк.7.1.4 –дя эюстярилян е яйриси кими ΔU сцрщмя фьрги иля азалажагдыр.

Нювбяти йарымпериодда ЕСЭ - йи $E_{баш}$ гиймятиня чатдыгда, тажланма йенидяи баш верьякдир. Йухарыда дейилдийи кими, яввялки йарымпериоддан галан йцклярин щесабына, тажланманын икинжи йарым периодда йанмасы эярэинлийин даща ащаьы гиймятляриндя олур $U_{йан} < U_{баш}$.

Тажланма олмадыгда мяфтиллярдян ахан жярйян тьмиз тутум характерли олур вя эярэинлийи $\pi/2$ бужаг гядяр габаглайыр. Щяжми йцклярин таж гилафында щяркьяти иля йаранан тажланма жярйяанлары i_m тутум жярйяаны $i_{ж}$ иля топланырлар. Шяк.7.1.4-дяи эюрцндцйц кими, эярэинлик сыфырдан мцсбят гцтбцлщя кеждийи анда жярйян максимал нюгтяья чатыр. Бу заман яввялки йарымпериоддан галмыш

мянфи йцкляр мяфтиля сары эри дюнцрляр. Йцклярин бу щярякяти, мцсбят истигамятли конвексийа жяряйаны адланырлар. Чцнки, мцсбят истигамят кими мцсбят йцклярин мяфтилдян ятрафа вя йа мянфи йцклярин мяфтиля тяряф щярякяти гябул едилмишдир.

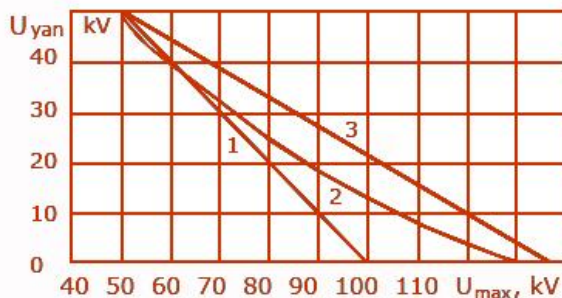
Шяк.7.1.4 графикдян эюрцндцц кими $U_{\text{ян}} = U_{\text{баш}} - \Delta U$ - дир. Диэяр тяряфдян, $\Delta U = U_m - U_{\text{баш}}$ олдуьундан, тажланманын йанма характеристикасы ццн ашаьыдакы тянлик алыныр:

$$U_{\text{ян}} = 2U_{\text{баш}} - U_m \quad (7.1.4)$$

Бир мцддятдян сонра, синусоидал эярэинлийин артмасы иля, мяфтилин йахынлыьында ЕСЭ-йи критик гиймятиня чатыр вя мцсбят гцтблц таж гыьылжымы мейдана чыхыр. Баш верян таж бошалмасынын *йцк учгунундан* (селиндян) айрылан электронлар мяфтилдя удулур ки, бу сябьабдян дя жяряйан кяскин олараг артыр. Эярэинлик артдыгжа, ионлашма областы эенишлянир вя жяряйан даща да артыр.

Эярэинлик максимал гиймятиндя кечдикдян сонра ионлашма кясилер, лакин тажланма жяряйаны бир мцддят мяфтилдян ятрафа йайылан мцсбят йцклярин (ионларын) щесабына яввялки гиймятини сахлайыр. Бу жяряйан эярэинлик сыфырдан кечдийи ана гядяр, азалан гиймятля давам едир вя бу андан сонра юз ишарясини дяйишир. Бу ана гядяр мяфтил мцсбят йцкцц таж *гилафына* бцрцнмцш олур. Эярэинлийин мянфи гцтблщцндя просес аналоьы олараг тякрарланыр.

Реал тажланма просеси, шяк.7.1.5-дя вя (7.1.4) ифадясиндя верилмиш идеаллашдырылмыш характеристикалардан фярглянир.



Шяк.7.1.5. Диаметри 3 мм олан хятт мяфтилиндя тажланманын йанма характеристикалары, 1-(15.4) формуласына ясаян; 2-мянфи йарымпериод; 3-мцсбят йарымпериод тажланма яйриляри

Реал щяраитлярдя тятбиг едилян эярэинлийин ейни гиймятляр и ццн мцсбят йарымпериодда тажланманын йанмасы, мянфи гцтблщцйя нисбятян буюцк эярэинликдя башлайыр. Электронларын буюцк бир гисми мянфи ионлар йаратмадан тажланма областыны тярк едяряк, мяфтилин ящатясиндян 1-2 мт мясафяйя узаглашырлар. Нятижядя, периодик дяйишян синусоидал эярэинликлярдя нювбят и йарымпериодда

мяфтил йахынлыгында галан мянфи щяжми йцкляр, мцсбят йцклярдян аз олдулары цчцн, онлар мцсбят йарымпериодда електрик сация эярэинлийини даща аз эцжляндирилляр.

7.1.3. Йерли тажланма просесляриндя эцж иткиляри

Електрик верилиш хятт мяфтилляриндя баш верян тажланма просесляриндя эцж иткиляринин щесабатлары, реал щава хяттляринин практики узунлуларында сынаглардан кечирилик. Дцнйанын бир чох лабораторийаларында апарылмыш тядгигатлар нятижасиндя, тажланма иткиляри цчцн мцхтялиф вариантларда ишлянмиш методлар тятбиг едиллик [10-12].

Дяйишян эярэинликлярдя мяфтилин тажланмасы, сабит жярйяна нисбятян даща интенсив олдуьундан, енерьи иткиляри дя хейли чох олуру. Ашаьыдакы щякилдя мцхтялиф щава щяраитляриндя вя сабит, дяйишян эярэинлик щяртляриндя тажланмада эцж иткиляринин яйриляри верилмишдик, Щяк. 7.1.6. Бу яйриляр, дцнйада гябул едилмиш стандартлара уьундуру.

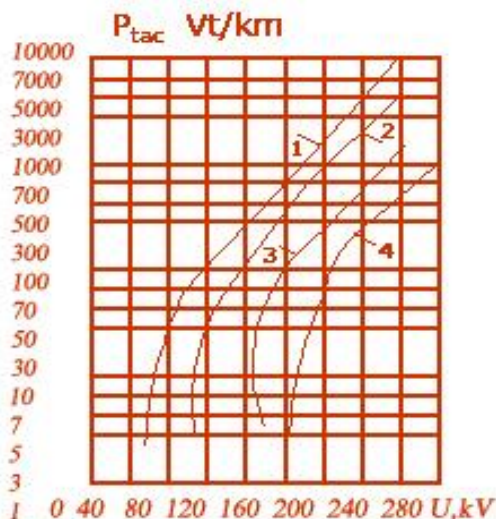
Мяфтиллярин диаметринин буюьдцлмеси вя онларын сятциндя ЕСЭ-нин азалдылмасы пис атмосфер щяраитляриндя тажланманын гаршысыны алмаг цчцн кифайят дейилдик. Мяфтиллярин сятцинин, изолятор зянжиринин вя бяркиджи монтаь-гурашдырма элементляринин зядялямяси щалларында, йахшы щавада да тажланма олуру. Цмуми тажланмадан фяргли олараг, беля тажланмалара йерли тажланма дейиллик. Цмуми тажланма $E > E_{\text{бави}}$ олдугда мяфтилин бцтцн сятциня йайылыру.

Тажланмада йаранан иллик иткяляр мяфтиллярин гызмасына сярф олунан иткялярин 40 %-ни тяшкял едикр вя онлар ЕЮХ-нин техники-игтисади характеристикаларына ящямийтли дяряжядя тясир едикрляр. Тажланма иткялярини тьяин етмяк цчцн, мцхтялиф щава щяраитляриндя алынмыш цмумиляшмиш характеристикалардан истифадя едиллик. Щесабатларда дюрд жцр щава щяраити нязря алыныру: -йахшы щава (йаьышсыз), гуру гар, йаьыш вя йа сулу гар, дон, буз вя йа гыров. Щава хятти бойу метеоролоьи щяраитя эюра щаванын мцхтялиф щяртляри, онларын давам етмя саатлары: $u_{\text{шур}}$, $u_{\text{гг}}$, $u_{\text{й}}$, $u_{\text{д}}$ вя електрик верилиш хяттиндя мцхтялиф щяраитлярдяки эцж иткиляри щесабланыру. Эцж иткяляринин ян доьру техники-игтисади щесабатлары $E_{\text{max}}/E_{\text{бави}}=0,5\div 0,9$ олан гиймятлярдя алыныру.

Алынмыш нятижяляря эюра иллик енерьи иткяляри $\text{кВт}\cdot\text{саат}/\text{км}$ –ля ашаьыдакы кими щесабланыру щяк.7.1.6, щяк.7.1.7 :

$$A_{\text{тас}} = N^2 \cdot r^2 (P_{\text{yh}} \cdot h_{\text{yh}} + P_{\text{y}} \cdot h_{\text{y}} + P_{\text{qq}} \cdot h_{\text{qq}} + P_{\text{д}} \cdot h_{\text{д}}) \quad (7.1.5)$$

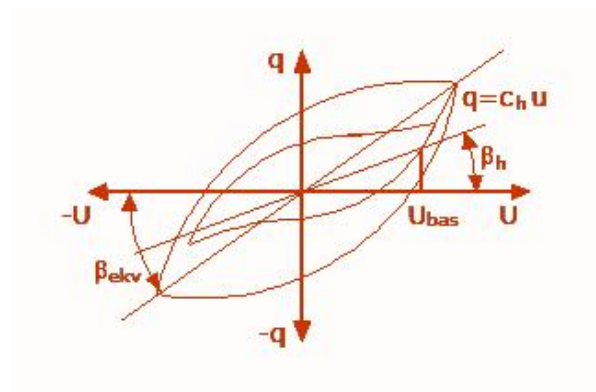
бурада Н- цч фазада олан бцтцн мяфтиллярин сайыдыр.



Шяк.7.1.6. Диаметри 25 мм (ен кясийи 500 мм²)олан хятт мяфтилиндя, дйишян эярэинлик (1, 3) вя сабит эярэинлик (2, 4) цчн тажланмада эцж иткиляри. 1 вя 2 яйриляри чискинли щава цчн, 3 вя 4 яйриляри ися айдын щавада олан асылыглары эюстярир

Тажланманын башланьыж эярэинликляри, эцж иткиляри вя радио манеяляр йарадан характеристикаларына щава шяраити эцжлц тясир едир. Йаьыш дамжылары хятт мяфтили цзяриндя су дамжысы вя йа буз шякилиндя чыхынты ужлары йаратдыьындан ЕСЭ-ни эцжляндирир. Бу заман тажланманын башланьыж эярэинлийи кяскин азалыр. Мяфтилин гейрищамарлыг ямсалы - м, атмосфер шяртлярини якс етдирир (7.1.1 вя 7.1.2). Мяфтилин сятцинин щамарлыьына аид бцтцн технологйя эюзлянилдикдя беля, гар вя йаьыш интенсивлийиндя асылы олагаг м – ин гиймяти 0.57÷ 0.73-я гядяр азалыр.

$J_{\text{екб}} = m\beta_{\text{екв}}$ олуб, щяндяси тутумдан $J_{\text{ц}} = m\beta_{\text{ц}}$ чох олур вя тясир едян эярэинликдя асылылыьа маликдир.



Шяк.7.1.8. Тажланан мяфтилин Волт-санийя характеристикасы

Тажланма иткиляри, радиоманеяляр вя сяс кйц ляьв етмяк цццн тажланманын башланьыж эярэинлийинин хяттин йеря нязрян малик олдуьу ян буюьк ишчи эярэинлийндян аз олмасы лазымдыр. Гуру щава шяртляриндя мяфтилярин диаметрини сечмякля тажланманын ляьв едилмясинин щесабатыны апармаг олар. Атмосферин йаьмурлу вязиййятиндя ися тажланманын гаршысыны алмаг мцмкцн дейилдир. Илин демяк олар ки, 70-90%-и (6000-8000 саат мцддят) щаванын гураглыг олдуьу гябул едилярся, мяфтилярин диаметринин дя гуру щава цццн сечилмяси даща важибдир. Рийази ифадялярин садяляшмяси цццн $E_{\delta_{аш}} \approx 30,3 \text{ м}\delta$ эютцряк. Онда ашаьыдакы ифадяни йазмаг олар:

$$U_{bas} = E_{bas} r \ln \frac{2HS}{rS} \cong 30,3 \text{ м}\delta \cdot r \ln \frac{S}{r} \quad (7.1.6)$$

бурада Щ-мяфтилин асылма щцндцрлцц; С-мяфтиляр арасындакы орта щяндяси мясафядир.

Тажланманын ляьв едилмя шярти ашаьыдакы бярабярсизликдянтяйин олунур:

$$30,3 \cdot \text{м}\delta \cdot r \cdot \ln \frac{S}{r} \geq \frac{U_{ном} \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \quad \text{олажагдыр.} \quad (7.1.7)$$

$m=0,8$; $\delta=1$ вя $\ln \frac{S}{r} = 6,2$ (110-220 кВ-луг хятляр цццн характеристик олан гиймят) гябул едилярся,

$$\delta \geq 0,011 U_{ном} \quad (7.1.8)$$

олар. (7.1.8)-дян эюрцнцр ки, гуру щавада тажланма олмамасы цццн, 110 вя 220 кВ-луг щава хятляринин мяфтиляри уйьун олараг 1,2 см вя 2,4 см диаметрлярина малик олмалыдырлар.

Номинал эярэинлийи 330 кВ вя даща йцксяк олан хятт мяфтиляринин тажланма щяддия сечилмиш диаметрляри, чош щалларда беля хятляря ютцрцлян эцжя щесабланмыш диаметрлярдян дя

буйцк олур. Она эюра, бязян мяфтилярин кечирижи материалынын ен кясик сащясинин вя диаметрляринин бири - бириндян асылы олмайан – эенишляндирилмиш конструксийалары истифадя едирляр. Беля конструксийалар сятщдя електрик сащя эярэинлийинин азалдылмасыны тямин едяжяк гядяр буйцдцлмщш диаметрдя щазырланыр. Бу заман кечирижи щиссянин ен кясик сащясинин чох буйцмямяси цццн мяфтили ичи бош вя йа щщщя пластик юзякля долдурулмуш щякилдя щазырлайырлар. Яэяр мяфтилин ващид узунлуьуна дщщян хцсуси електрик йцкц мялум оларса, онун йахынлыьындакы електрик сащяси фязада изоля едилмиш цилиндр цццн щесаблина биляр. Тэк мәфтилин səthində ESG ашағыдакы formula ilə hesablanır:

$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r_0} = 0,018 \cdot \frac{q}{r_0}, \left(\frac{V}{sm}\right) \quad (7.1.9)$$

бурада q - пико Кулон м; r_0 - ися, см –ля юлчцлцр.

1910-су илдә тацланманын қарғисинин alınması үçün akad. V. Mitkeviç мәфтилләрин парçаланмасынı тәклиф етмищдир. Она гөрә 1 фазда 2 вә daha çох sayда мәфтил ищләдilmәси lazımdır. Parçalanmış хәтт мәфтилләринин səthi elektrik sahә гәргинликләринин hesablanması үçün хүсуси үйкләри тәyin едилрәр. Bunun үçün faz мәфтилләри эквивалент radiusла R_{ekv} , ifadə edilәрәк bir мәфтилә гәtirilir:

$$R_{ekv} = \sqrt[n]{r_0 \left(\frac{a}{\sin \frac{\pi}{n}} \right)^{n-1} \prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{\pi \cdot k}{n}} \quad (7.1.10)$$

бурада π —щасил ищарясини явяз едир. (7.1.10) формуласынын васитясиини иля ики, цч вя дюрд йеря шахялянмиш мяфтилярин эквивалент радиусларынын R_{ekv} –ин гиймятлярини щесабламаг олар.

Електрик ютцрцщ хяттлярин ятрафында сащя эярэинлийини тьяин етдикдя, мяфтиляр цилиндрик электродлар кими эютцрцлцр. Мяфтилин сятщиндя олан гейри щамарлыглар електрик сащясини эщжляндирир:

$$E_{йермакс} = \kappa_{рщ} E_{баш} \quad (7.1.11)$$

бурада $\kappa_{рщ}$ - гейри щамарлыг ямсалыдыр, $\kappa_{щц} > 1$. 220 кВ-а гядяр електрик верилиш хяттлярин адятян тьяк мяфтилли фазлара даща йцксяк эярэинлик хяттлярин ися, шахялянмиш мяфтилли фазлара маликдирляр. Шахяляндирмя заманы хяттин щяр бир фазасында ики вя даща чох мяфтилдян истифадя едилир. Мяфтилярин сайы артдыгжа онларын ен кясикляри дя мцяййян бир ганунла азалдылыр. Щяр бир мяфтилин q_1 йцкц, шахялянмиш мяфтилярин цмуми q_ϕ йцкцццн мцяййян гисмини тьящил едир.

$$Q_I = \frac{q_f}{n} = \frac{C_{sf} \cdot U_f}{n} \quad (7.1.12)$$

Бурада n - фазадакы мяфтиллярин сайы, $Ж_{сф}$ - шахялянмиш фаз мяфтиллярин вашид мясафядя малик олдуьу тутумдур.

Яэяр мяфтилляр шахяляндирмя чевряси бойу ($\rho_{ш}$ -радиуслу) ейни мясафялярдя йерляшдирился, онда цч фазлы системдя шахялянмиш фазларын вашид мясафядяки тутумлары цчцн ашаьыдакы формуланы йазмаг олар:

$$C_{sf} = \frac{2\pi \cdot \varepsilon_0}{\ln \frac{S}{r_{ekb}}} \quad (7.1.13)$$

бурада s – фазлар арасы орта щяндяси мясафясидир.

$$r_{ek} = \sqrt[n]{n \cdot r \cdot r_s^{n-1}} \quad (7.1.14)$$

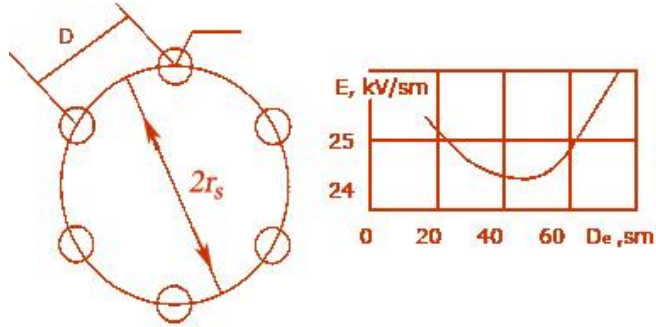
$\rho_{ек}$ -шахялянмиш мяфтиллярин тутумуна бярабяр тутуму олан, тьяк мяфтилин эквивалент радиусудур. Тьяк мяфтилли хяттлярдя фазлар арасы д мясафяси мяфтиллярин ρ_0 радиусундан чох буюцк олдуьу гябул едилир.

İfratyüksək gərginliklərə aid olan 500-1150 kV xətlər hər fazaya 2, 3, 4 və daha çox parçalanmış məftillərlə çəkilir. Şaxələnməmiş məftillər biri-birindən $2\pi/n$ bucağı ilə montaj edilir. Burada n - parçalanmış məftillər sayıdır. Parçalanmış məftillər eyni potensiallarda olur. R radiuslu çevrə üzrə simmetrik yerləşdirilmiş məftillər arasında olan d məsafəsi, onların r_0 radiusundan 10-20 dəfə böyük ola bilər şəк.7.1.9. Мəftillər arası məsafə xüsusi ayırıcı millərlə saxlanılır.

Şaxələndirilmiş məftillərin xüsusi cəm q yükü verilərsə, ayrılıqda hər bir məftilin elektrik sahə gərginliyini təyin etmək olar. Мəftillər çevrə üzrə simmetrik yerləşdiyindən hər bir məftilin yükü q/n olar. Мəftillərin yaxınlığında sahənin hesablanması üçün superpozisiya metodu tətbiq edilir. Digərləri nəzərə alınmadıqda, hər bir məftilin ESG-yi $E_r = q/(2\pi\varepsilon_0 r)$ hesablanır.

Şəк.7.1.10–da tək və çoxsaylı şaxələndirilmiş faz məftillərinin elektrik sahəsinin asılılığı verilmişdir. Hər bir şaxələnən məftilin cəm en kəsiyi: $S_1=2 \cdot S_2=3 \cdot S_3=4 \cdot S_4$, kimi hesablanır, yəni birməftilin en kəsiyinə bərabərdir.

Xaricdən məftillərin səthində sahə gərginlikləri daxilə nisbətən daha çox olur. Başqa sözlə məftillərin xaricində maksimal, biri-birinə çevrilən daxili tərəfdə isə minimal ESG alınır.



Şək.7.1.9.Şaxələnməmiş məftillərin çevrə üzrə yerləşməsi;

Şək.7.1.10.Şaxələnməmiş məftillərdə maksimal ESG-nin 500 kV HX məftilləri arasındakı məsafədən asılılığı (n=3, ACO markalı məftil üçün)

Şaxələnməmiş məftillərin səthindəki orta sahə gərginliyi aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$E_{op}=0,018 \frac{q}{nr_o} \quad (7.1.15)$$

Məftilin səthində θ bucağına aid nöqtənin ESG-yi r_o^2/a^2 ədədi qədər dəqiqliklə aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$E_{\theta}=E_{op}(1+\beta \frac{r_o}{a} \cdot \cos \theta) \quad (7.1.16)$$

burada- $\beta=2(n-1) \cdot \sin(\pi/n)$ əmsalıdır. Bu formulada n- topluda məftillərin sayı; r_o - məftilin radiusu; α - məftillər arasında şaxələndirmə addımı; $\theta=0$ və $\cos \theta=1$ olduqda, E_{θ} - maksimal olur.

$$E_{\theta}=E_{maxc}=E_{op}(1+\beta \frac{r_o}{a}) \quad (7.1.17)$$

Cədvəl 7.1.1-də iki, üç və dörd sayda şaxələnməmiş məftillər üçün β və $K=1+\beta r_o/a$ əmsallarının qiymətləri verilmişdir; ekvivalent r_{ekv} radiuslu şaxələnməmiş. Faz məftilləri üçün β və K əmsallarının qiymətləri.

Parçalanmış xətt məftillərinin β , k əmsalları və ekvivalent radiusları – r_{ekv}
Cədvəl 7.1.1

Şaxələnməmiş məftillərin sayı	2	3	4
β əmsalı	2	$2\sqrt{3}$	$3\sqrt{2}$
K əmsalı	$1+2 \cdot r_o/a$	$1+2\sqrt{3} \cdot r_o/a$	$1+3\sqrt{2} \cdot r_o/a$
Ekvivalent radius r_{ekv}	$\sqrt{r_o a}$	$\sqrt[3]{r_o a^2}$	$\sqrt[4]{\sqrt{2} a^3 r_o}$

Yuxarıdakı məsələni davam etdirərək 500 kV–luq xətt məftilinin səthindəki maksimal ESG-ni təyin etmək olar. Cədvəl 7.1.1-dən $\beta=2\sqrt{3}$ və $k=$

$1 + \beta \cdot r_0/a = 1 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 1,51/40 = 1,13$ əmsalları hesablandıqdan sonra, məftillərin maksimal ESG-i hesablanır:

$$E_{1m} = 1,13 \cdot 22,6 = 25,5 \text{ kV/sm};$$

$$E_{2m} = E_{3m} = 1,13 \cdot 20,9 = 23,6 \text{ kV/sm}$$

Orta faz məftillərində ESG-in daha böyük olduğu görünür.

7.2.1. İldırım və kommutasiya ifrat gərginliklərində hava aralığının boşalması. Volt-saniyə VS xarakteristikaları

Havada elektrodlar arasına qısa müddət verilən gərginlikdə, aralığın deşilmə gərginliyi həmin təsir müddətindən asılı olur. Aralığa deşilməyə kifayət edən gərginlik tətbiq edilərsə, aralıqda boşalmanın inkişafı və tamamlanması üçün, t_b -boşalma müddəti lazım olacaqdır. Bunun səbəbi aşağıdakılardır:- müstəqil boşalmanın yaranması üçün, aralıqda *ilkin effektiv elektron* olmalıdır. Belə elektronun həmin anda orada olması təsadüfi bir hadisədir. Effektiv elektronun meydana çıxması üçün, gözləmə və ya statistik gecikmə- t_s müddəti keçməlidir. Bu boşalmanın inkişaf müddətinin ilkin təşkiledicisidir;

- statistik xarakterli ikinci təşkiledici isə, boşalmanın formalaşma- t_f müddətidir. t_f - effektiv elektronun yaranmasından boşalmanın tamamlanmasına qədər keçən müddətidir.

- təsir edən impulsun cəbhə müddəti böyük olarsa, gərginliyin boşalma qiymətinə - U_b qədər artması üçün, boş keçən müddət - t_{bk} də müəyyən zaman alır. Beləliklə, ümumi boşalma müddəti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$t_b = t_{bk} + t_s + t_f \quad (7.2.1)$$

Əgər, aralığa verilən impulsun təsir müddəti, t_b - boşalma müddətindən kiçik olarsa, onda gərginliyin qiymətinin kifayət qədər olmasına baxmayaraq boşalma yaranmaz.

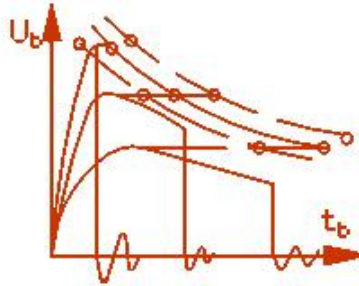
Digər tərəfdən t_s və t_f zaman təşkilediciləri verilən gərginliyin qiymətindən asılıdır. Gərginlik artdıqca, aralıqda yaranan elektronun effektiv olması ehtimalı da artır. Bu halda t_s müddəti azalır. Aralığa böyük gərginlik təsir etdikdə, boşalmanın intensivliyi artır və t_f də azalmış olur. Deməli, təsir edən gərginlik çox olduqca, aralığın boşalma müddəti də az olur.

Aralığın boşalma gərginliyinin, impulsun təsir müddətindən asılılığına izolyasiyanın Volt-saniyə - VS xarakteristikası deyilir. İonlaşmanın başlanması və prosesin inkişaf sürəti gərginlikdən asılı olduğu üçün, izolyasiyanın Volt-saniyə xarakteristikası da impulsun formasından asılı olacaqdır.

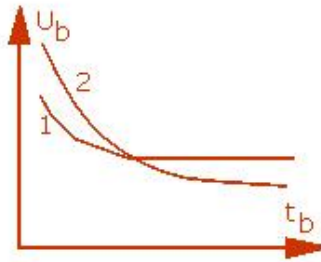
Sınaqların ümumiləşdirilməsi və nəticələrin müqayisəsi üçün, BEK, BS, VDE və s. standartlarına görə izolyasiya hissələrinə təsir edən *1,2/50 mksan-lik* standart ildırım impulsunun parametrləri qəbul edilmişdir *şəkl.7.2.1.*

İzolyasiya aralıqlarında, VS xarakteristikasının təcürbi yollarla alınması üçün, onlara standart impulsar tətbiq edilir. Verilən impulsun hər maksimal qiyməti üçün bir neçə təcürbə aparılır. Nəticələrin statistik meyletmə qanununa əsasən boşalma müddətləri üçün, gərginliklərdən asılılığının qiymətlər çoxluğu alınır şək.7.2.1.

Volt-saniyə xarakteristikasının əyrisi izolyasiya aralığında ESG-in qeyribircinsliliyindən asılı olur. Bircinsli və qeyribircinsli sahələrdə VS xarakteristikası absisi oxuna paralel əyri şəkilində dəyişir şək. 72.2.2. 1 mksan və kiçik müddətlərdə təsir edən gərginliklərdə boşalma gərginliyi artır. Çünki, belə hallarda boşalma çox kiçik müddətdə formalaşır və başlanğıc gərginliyə bərabər olan gərginlikdə baş verir. Kürəvi elektrodlar arasında bircinsli elektrik sahəsinin yaranması və onların VS xarakteristikaları bircinsli elektrik sahəsinin yaranması və onların Volt-saniyə xarakteristikaları, maksimal gərginliklərin ölçülməsi üçün tətbiq edilən universal cihazlarda istifadə edilir. Bu ölçmələrdə istifadə olunan cihazlarda kürələr arası məsafə onların diametrindən çox kiçik olmalıdır.



Şək.7.2.1. Təcürbi qiymətlərə uyğun olaraq, qısa təsirli impulsar üçün Volt-saniyə xarakteristikasının qurulması



Şək.7.2.2. Bircinsli- 1 və qeyribircinsli- 2 sahələrin Volt-saniyə əyriləri

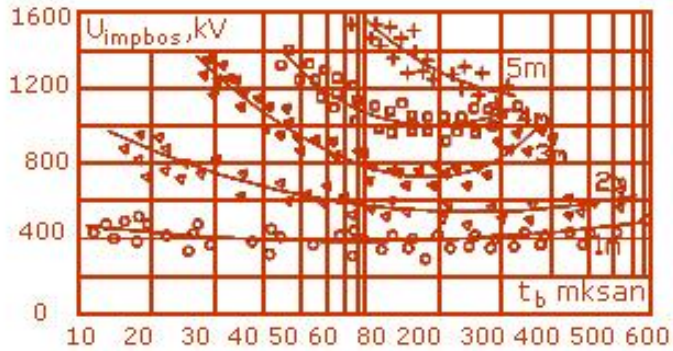
Kəskin qeyribircinsli sahələrdə Voly-saniyə xarakteristikası böyük əyriliyi olan asılılığa malik olur şək.7.2.2, 2 əyrisi. Çünki, belə aralıqlarda boşalmanın formalaşma müddəti, tətbiq edilən gərginlikdən güclü asılılıq təşkil edir. Qısa müddətli ildırım impulsarı üçün belə aralıqlar çox böyük boşalma

gərginliklərinə malikdirlər. Kəsilmiş impulslarda boşalma gərginlikləri daha çox olur. İmpuls təsirləri ilə yaranan boşalma gərginliklərinin $U_{imp\ bos}$, sənaye tezlikli gərginliklərdə yaranan boşalma qiymətlərinə olan nisbəti boşalmanın impuls əmsalı adlanır- k_{imp} :

$$K_{imp} = \frac{U_{imp\ bos}}{U_{bos50Hz}} \quad (7.2.2)$$

Bircinsli və zəif qeyribircinsli elektrik sahəsi olan aralıqlarda təsir müddətlərindən asılı olmayaraq impuls əmsalı 1- olur: $K_{imp}=1$ olur.

Kommutasiya impulslarında boşalma, impulsun cəbhəsində baş verir. Volt-saniyə xarakteristikası impulsun müxtəlif cəbhə müddətləri üçün, minimal qiymətli çöküyü olan əyrilər şəklində alınır şəq. 7.2.3.



Şəq.7.2.3. Müxtəlif uzunluqlu iynə-müstəvi aralıqlarının çəp bucaqlı impuls təsiri ilə orta deşilmə gərginliklərinin məsafədən asılılıq əyriləri

Şəq. 7.2.3.- də ayırıcıların hesabatlarda daha uzun aralıqlar üçün boşalma gərginliklərinin məsafədən asılılıq əyriləri verilir §7.3.2. Sübut edilmişdir ki, kommutasiya impulsu təsiri ilə boşalma gərginlikləri, sənaye tezlikli boşalma gərginliklərdən U_{bos} daha aşağı qiymətlərdə baş verir. Bu nəticələr elektrik qurğularında izolyasiya məsafəsinin təyin edilməsi üçün tətbiq edilir.

7.2.2. Hava xətlərinin ildırım mühafizəsi

Hava xətləri keçən ərazilərdə illik ildırım aktivliyi və xəttin uzunluğuna görə ildırım vurmaların sayı da artır. Nəticədə hava xətləri, ildə hər 100 km məsafəsində onlarla ildırım vurmalarına məruz qalır. Faz məftilini ildırım vurduqda keçən maksimal ildırım cərəyanı məftildə elə böyük gərginlik yaradır ki, faktiki olaraq heç bir xətt izolyasiyası ona davam gətirə bilmir. Ona görə metal dayaqda faz məftillərindən yüksəkdə bir və ya iki ədəd mühafizə trosu quraşdırılır. Troslar hər dayaqda torpaqlanırlar. Faz məftillərinə düşə

bilən ildırımları bu trosalar qəbul edirlər şəkl.7.2.9. Tək trosun mühafizə zonası aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

a) $P = 0,005$ ehtimallı ildırım vurmaları üçün:

$$\left. \begin{aligned} h_0 &= 0,85 \cdot h \\ r_x &= (1,35 - 0,0025h) \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right) \end{aligned} \right\} \quad (7.2.7)$$

b) $P=0,05$ ehtimallı ildırım vurmaları üçün:

$$\left. \begin{aligned} h_0 &= 0,95 \cdot h \\ r_x &= 1,7 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right) \end{aligned} \right\} \quad (7.2.8)$$

Ara məsafəsi l olan iki tros ildırımötürənlərin ortası üçün minimal mühafizə hündürlüyü aşağıda hesablanmışdır:

$$h_{\min} = \begin{cases} h_0 = h_0 & \ell < h \text{ olduqda} \\ h_0 - (0,14 + 5 \cdot 10^{-4} h) \cdot (\ell - h) & \ell \geq h \text{ olduqda.} \end{cases} \quad (7.2.9)$$

Lakin, trosaların olması bəzi hallarda metal dayaqlara ildırım vurmaları və təpə nöqtəsi ətrafında yüksək potensialın yaranmasına mane olmur. Xəttin topraqlanma impuls müqaviməti – R_{imp} , çox kiçik olduğu halda da, bu potensial xətt izolyasiyasının qapanmasına və ya dayaqdan xətt məftilinə tərəf əks boşalma yaranmasına səbəb ola bilər.

Trosaların olması, xətt məftillərini az ehtimallı ildırım vurmaları və izolyasiyanın qapanmasını aradan qaldırmır.

Bir qayda olaraq nominal gərginlik artdıqca, dayaqların yüksəkliyi artır, xəttin ildırımdan mühafizəsi çətinləşir və ildırım vurma ehtimalı çoxalır. Xətt izolyasiyasının qapanması, onların ildırımla vurulma sayından az olur. Çünki, xətt izolyasiyasının qapanması üçün minimal boşalma qiymətinə çatan impuls gərginliyi lazımdır ki, o da ildırım cərəyanından və xəttin elektrik parametrlərindən asılı olur. Məsələn, metal dayağın torpaqlayıcısının kiçik impuls müqavimətində, dayaqdan əks boşalma, yalnız böyük ildırım impuls cərəyanları olduğu zaman mümkündür. Eyni zamanda, faz məftilini ildırım vurmaları kiçik cərəyanda da əks boşalmaya səbəb olur. Lakin trosalarla mühafizə olunan xəttin məftilinin ildırım vurma ehtimalı çox azdır.

Xətt parametrlərinə əsasən, onlarda izolyasiyanın qövslə qapanma ehtimalı $-P_{qap}$, izolyator zəncirinin impuls möhkəmliyinə və ildırım cərəyanının ehtimallarına görə qiymətləndirilir. Xətt izolyasiyasında ildırım qapanmalarının sayı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$N_{qap} = n_{xüs} P_{qap} \quad (7.2.10)$$

İzolyasiya qövslə qapandıqdan sonra boşalma kanalı ilə torpağa sənaye tezlikli gərginliyin, qısa qapanma cərəyanı axır. Əgər QQ-da yaranan qövslə

dayanıqlı olarsa, onda xətt mənbədən açılacaqdır. Əgər xətt avtomatik təkrar qoşulma ATQ ilə təchiz olmazsa və ya ATQ əməliyyatı qeyri müvəffəq olarsa, onda tələbatçıların elektrik təchizatında fasilə yaranır.

İldırım cərəyanının müddəti 50-100 mksan çəkir. Bu sənaye tezlikli gərginlikdən 500 dəfə qısdır. Ona görə ildırım vuran zaman xətt gərginliyinin fazası böyük əhəmiyyət daşıyır. İldırım üçün o sabit götürülə bilər. Çünki ani qiyməti kiçik olan işçi faz gərginliyi böyük impuls qapanma yolunda dayanıqlı qövs yarada bilmir. O yalnız impuls dalğası ilə açılmış kanalda təsir göstərir. Hesabatlarda impuls qapanmasının dayanıqlı qövs boşalmasına keçməsi ehtimalı ən böyük işçi gərginliyin yaratdığı orta sahə gərginliyi ilə- E_{or} təyin edilir: - $E_{op} = U_{ən böy iş} / L_{qap}$. Ağac dayaqlarda yaranan qövsün dayanıqlı olması ehtimalı $-\eta$ əmsalı ilə təyin edilir:

$$\eta = (1.6E_{or} - 6) \cdot 10^{-2} \quad (7.2.11)$$

burada, E_{or} - orta sahə gərginliyi (təsiredici qiymət) kV/m.

Əgər (7.2.11) –dən hesablanmış η 0.1-dən kiçik və ya 0.9 –dan böyük olarsa, onda bu kənar qiymətlər qəbul edilir.

Metal dayaqlarda nominal gərginliyi 220 kV olan xətlər üçün, $\eta = 0,7$ və 330 kV olan halda isə $\eta = 1,0$ qəbul edilir.

100 saatlıq ildırım aktivliyində, xəttin hər 100 km məsafəsi üçün illik açılmaların sayı aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$N_{aç} = 4 \cdot h_{or} \cdot P_{qap} \cdot \eta \quad (7.2.12)$$

Neytralı izolə edilmiş 6-35 kV şəbəkələrimizdə, metal və ya dəmir-beton dayaqlar istifadə edilir. Onlarda ildırımdan mühafizə troslarının tətbiqi məqsədə uyğun deyildir. Çünki bu xətlərin izolyasiya səviyyəsi aşağı olduğundan bütün ildırım impulsların təsiri ilə izolyasiya deyilir və qısa qapanma baş verir. Ona görə belə xətlərin ildırımdan mühafizəsinin ən effektiv yolu ATQ qurğuları və qövs söndürücü reaktorların tətbiqidir. Reaktorların tətbiqi ilə, birləşli yerlə qapanma cərəyanları kiçilir və qövsün sönmə ehtimalı azalır.

Beləliklə, xəttin ildırımdan açılmaları iki üsulla azaldıla bilər:- qapanma və QQ cərəyanlarının dayanıqlı qövs halına keçmə ehtimallarının azaldılması. Birinci mühafizə troslarının asılması və xətt dayaqlarının kiçik torpaqlanma müqavimətlərinin qurulmasıdır. Bu zaman bir tərəfdən xətt məftillərinin bir başa ildırım vurma ehtimalı, digər tərəfdən isə, dayaq və trosa vuran ildırımdan yaranan impuls gərginliyi azalır. İkinci üsul isə, ildırımın qapanma yolunun artırılması və ya qövs söndürücü reaktorların tətbiqidir. İldırımın qapanma yolu, ağac dayaqların izolyasiya xassələrindən istifadə edilməklə uzadılır. Ağac dayaq traversləri orta boşalma məsafəsini artırır. Nəticədə E_{or} –nın qiyməti kiçilir və dayanıqlı qövs yaranma ehtimalı da azalır. 6-35 kV gərginliklərdə qövs söndürücü reaktorlar vasitəsilə qövsün yerlə qapanma cərəyanının qiyməti azaldılır. Beləliklə, qövsün öz-özünə sönmə ehtimalı artır.

Elektrik təcizətinin etibarlılığının artırılması şərtlərinə əsasən, xətlərin illik ildırım açılmalarının sayı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$n_{aç\ bb} = N_{bb} / (1 - \beta_{amz}) \quad (7.2.13)$$

burada, N_{bb} - elektrik təcizətində buraxıla bilən illik fasilələrin sayı, β_{atq} - ATQ-ın müvəffəqiyyət əmsəlidir. Yedək ehtiyatları olmayan xətlərdə $N_{bb} \leq 0,1$, ehtiyatı olan xətlərdə $N_{bb} \leq 1,0$ və 110 kV və daha yüksək gərginlikli, metal və dəmir-beton dayaqlarda çəkilməmiş xətlər üçün, $\beta_{atq} = 0,8-0,9$ qəbul edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, ATQ-nin tez-tez işləməsi yaksək gərginlikli yağ və hava açarlarının istismarında problemlər yaradır. Ona görə, açarın tipinə uyğun olaraq buraxıla bilən açılmalar sayı- $n_{aç\ bb} = 1 \div 4$ arasında qəbul edilir. 3-4 dəfə açıldıqdan sonra açarlar təftiş edilməlidir.

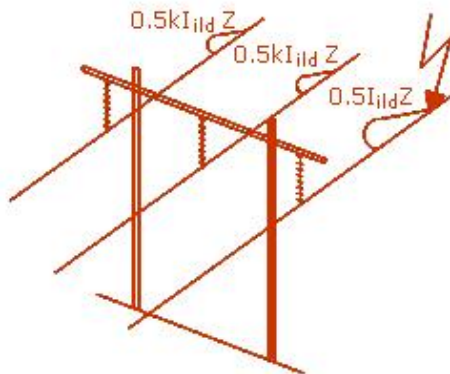
7.2.6. Trossuz xətlərin ildırım dayanıqlığı

Trossuz xətlərdə ildırım birbaşa xətt məftilinə vurur. Bu zaman ildırım cərəyanı iki yerə bölünüb xəttin əvvəlinə və sonuna yayılaraq, aşağıdakı qiymətdə ifrat gərginlik yaranmasına səbəb olur:

$$U = \dot{I}_{ild} Z_{məf} / 2 \quad (7.2.14)$$

burada, $Z_{məf}$ -məftilin dalğa müqaviməti, impuls taclanmasını nəzərə aldıqda 300 Om götürülür. Taclanma zamanı xətt məftilinin tutumu artdığından dalğa müqaviməti azalacaqdır. Metal dayaqda çəkilməmiş xətlərdə, ifrat gərginlik impulsunun U amplitudası, dayaqdan asılmış məftilin izolyator zəncirinə təsir edir. Xətlərdə ildırım boşalmaları, 5-10 kA qiymətində olan impuls cərəyanları yaradır. Onlar isə izolyator zəncirəsində qövs qapanmasına səbəb olurlar.

220 kV-a qədər EVX-də metal dayaqlarla bərabər ağac dayaqlar da istifadə edilir. Ağacın izolyasiya xüsusiyyəti, traversin bir hissəsinin izolyator zənciri ilə ardıcıl-əlavə izolyasiya rolunu oynayır. Ağac dayaqdan torpaqlanma məftilləri endirilir. Eyni qaydada, iki izolyator zəncirəsi arasında əlavə fazlararası izolyasiyanı cücləndirir şəkl.7.2.5.



Şək.7.2.5. Ağac dayaqda xətt məftilini ildırım vurməsi

Ağacın izolyasiya xassəsi onun nəmliyindən asılıdır. Yaxşı qurudulmuş ağac yüksək elektrik möhkəmliyi göstərir. Lakin məsaməli olduğu üçün ağac həmişə 15-40 % nəmliyə malik olur. Ağacın nəmlənməsi atmosfer şəraitindən asılı olaraq kəskin dəyişir. Bu halda onların elektrik möhkəmlikləri də böyük intervallarda dəyişir. Leysan yağışı ilə islanmış ağac ən kiçik boşalma gərginliyinə malik olur.

Təqribi hesabatlarda ağac traversin yaratdığı əlavə impuls möhkəmliyi və boşalma məsafəsi üçün, hər 1 m uzunluğa 100 kV götürülür. Ağac dayaqla çəkilmiş xətlərdə ildırım boşalması əsasən bir fazın izolyator zəncirəsi, travers və ikinci fazın izolyator zəncirəsi üzrə baş verir (zəncirə-travers-zəncirə üzrə). İldırım vurmuş fazın impuls gərginliyi, qonşu fazın elektromaqnit induksiya əlaqəsi hesabına k əmsalına görə gərginlik induksiya layır. Nəticədə məftillər arasında aşağıdakı gərginlik meydana çıxır:

$$U = \frac{I_{ild} Z_{mef}}{2} (1 - k), \quad (7.2.15)$$

burada, k - impuls taclanması nəzərə alınmaqla məftillər arasında əlaqə əmsalıdır: $k=0.25-0.4$.

Kritik cərəyana görə xətt izolyasiyasının qövslə qapanma ehtimalı P_{qap} hesablanır. İldırım kritik cərəyanı, təsir edən – U gərginliyinin, izolyasiyanın impuls boşalma gərginliyinə- $U_{50\%}$ bərabərliyindən təyin edilir.

Metal və dəmir-beton dayaqlarda çəkilmiş EVHX –I üçün

$$I_{kr} = \frac{2U_{50\%}}{Z}, \quad (7.2.16)$$

Ağac dayaqlarda çəkilmiş EVHX-üçün

$$I_{rh} = \frac{2U_{50\%}}{Z(1 - k)}. \quad (7.2.17)$$

Ağac dayaqlarda, trossuz EVHX açılmalar sayının az olmasının səbəbi impuls qapanmasının dayanıqlı qövs qapanmasına keçmə əmsalı η -nın kiçik olmasıdır. Metal dayaqlarda boşalma aralığı bir izolyator zəncirəsinin boyuna bərabər olduğundan həm η əmsalı, həm də izolyasiyanın qövslə qapanma P_{qap} ehtimalı artır. Bu səbəbdən 110 kV və yüksək gərginlikli metal dayaqlarda çəkilmiş trossuz hava xətlərində, orta ildırım aktivliyi olan rayonlarda çoxlu sayda açılmalar olur. Ona görə, belə xətlər bütün məsafədə tros ilə mühafizə edilir. Metal dayaqlarda çəkilmiş 35 kV xətlərin, neytral izolə edilmiş və qövs söndürən reaktorları olduğundan bir fazlı QQ xəttin açılmasına səbəb olmur. Çünki, tutum cərəyanı sıfırdan keçdiyi zaman qövs sönür və E_{or} -nın qiymətindən asılı olmayaraq $\eta=0$ olur. Ona görə, 35 kV xətlərin ildırım vurma

açılmaları yalnız iki və ya üçfazlı qapanmalar zamanı olur. Məftilləri horizontal olan xətlərdə ildırım yan məftillərə, vertikal halda isə, ən üst məftilə vurur. İldırım vurmuş məftilin faza izolyasiyası qapandıqdan sonra, cərəyan yoluna $Z_{məf}/2$ müqaviməti əvəzinə, dayağın impuls torpaqlanma müqaviməti R_{imp} qoşulur. İldırım dayağa yaxın məsafədə vurarsa, onda torpaqlayıcıdan tam ildırım cərəyanı keçəcək və dayaq təxminən $I_{ild} R_{imp}$ potensialına malik olacaqdır. İkinci məftilin izolyasiyasının qapanması aşağıdakı şərtlə ödənilir:

$$I_{kr} \geq \frac{U_{50\%}}{R_{imp}(1-k)}. \quad (7.2.18)$$

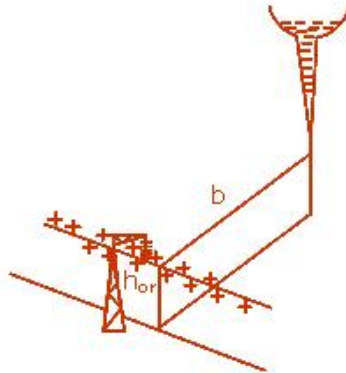
buradan görünür ki, iaolyasiyanın qapanma ehtimalı cərəyanın çox və ya R_{imp} –un kiçik olması ilə azalır. Ona görə metal dayaqlarda trossuz çəkilmiş xətlərdə dayağın torpaqlanma müqavimətini azaltmaq vacibdir.

7.2.6. Индукция илдырым эяреинлийи

Atmosfer ifrat gərginliyinin ən böyük qiymətləri, birbaşa məftilə vuran ildırımla yaranır. Bəzən, xətt yaxınlığında yerə vuran ildırımdan meydana çıxan induksiya gərginliyi də müəyyən rol oynayır. Belə zərbələr, induksiya ifrat gərginliklərinin yaranmasına səbəb olur. Faz məftillərində yaranan induksiya gərginlikləri elektrik və maqnit təşkeildicilərinin cəmi kimi hesablanır:

$$U_{ind} = U_{iel} + U_{imaq} \quad (7.2.19)$$

İldırım lider mərhələsində kanaldan keçən mənfi yüklər, faz məftilində əks müsbət işarəli yaüklərin toplanmasına səbəb olur şək.7.2.6. İşçi gərginlik nəzərə alınmazsa, bağlı yüklərin elektrik sahəsi kanalın elektrik sahəsi ilə tarazlaşdığından lider mərhələsində potensial sıfır olar.



Şək.7.2.6.İnduksiya ifrat gərginliyinin izah sxemi

Əsas (əks) boşalma mərhələsində ildırım kanalında yüklər böyük sürətlə neytrallaşdığına görə, məftillərdəki bağlı yüklər də sərbəst hala keçərək ildırım impulsunun məftillərdəki sərbəst rəqslərinə səbəb olur. Hər iki istiqamətə yayılan induksiya elektrik yükləri məftilin potensialını artırır. Bu isə ifrat gərginliklərin yaranmasına səbəb olur. İnduksiya ifrat gərginliyinin qiyməti, lider kanalında yüklərin xətti sıxlığı σ və məftilin orta asılma hündürlüyü h_{or} ilə düz, ildırımın vurduğu nöqtədən olan məsafə b ilə tərs mütənasibdir. Əsas boşalmada yaranan I_{ild} ildırım cərəyanını qiymətinə aid aşağıdakı ifadə yazılır:

$$U_{ie} = k_e \frac{h_{or}}{b} I_{ild}, \quad (7.2.20)$$

Burada k_e müqavimət vahidi ilə ölçülən və əsas boşalmanın v sürəti artdıqca, azalan bir mütənasiblik əmsəlidir.

Əsas boşalmada maqnit sahəsinin dəyişməsi isə induksiya gərginliyinin maqnit təşkiledicisini yaradır. İnduksiya gərginliyi dayaq-izolyator zənciri-məftil-yer arasında yaranan ilhəkdə meydana şıxır. Zəncirədə bu gərginliyin maksimal qiyməti aşağıdakı kimi yazılır:

$$U_{im} = k_m \frac{h_{or}}{b} I_{ild} \quad (7.2.21)$$

burada k_m müqavimət vahidi ilə ölçülən və əsas boşalmanın v sürəti artdıqca artan bir mütənasiblik əmsəlidir.

İnduksiya gərginliyinin cəmi maksimal qiyməti isə aşağıdakı kimi yazılır:

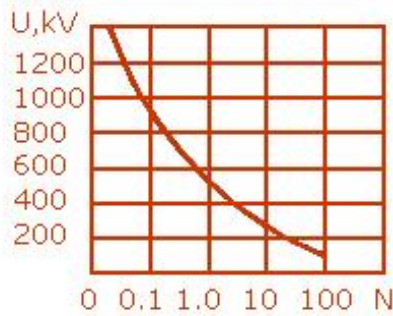
$$U_{ind} = (k_e + k_m) \frac{h_{or}}{b} I_{ild} \approx 30 \frac{h_{or}}{b} I_{ild} \quad (7.2.22)$$

k_e və k_m əmsalları əsas boşalmanın sürətindən, fərqli, biri düz, digəri tərs asılılıqla dəyişdiyindən, onların cəmi sabit qalır və 30 Om götürülür.

Илдырымын, орта щцндцрлщцц $u_{op}=10$ м олан, хяттин йахынлыыына вурдууу щалда индуксийаланан эярэинлийин амплитудасынын интеграл яйриси щяк.7.2.7-дя щесаблинан гайдада олур.

Эюрцндщцц кими, индуксийаланан ифрат эярэинлик 1 илдя 2 дяфдя аз, 35 кВ-луг хятт изолийасийасынын ($V_{50\%}=350$ кВ) вя 5 илдя 1 дяфя 110 кВ хятт изолийасийасынын импульс мющкямлийинин ($V_{50\%}=700$ кВ олан) изолийасийа сывийяясини ашыр. Она эюря, индуксийа ифрат эярэинлийинин 110 кВ вя йухары эярэинликли EBX-и цщцн еля бир ящямийяяти олмур.

Xəttin bir ildə hər 100 km-ni vuran ildırımlar sayının əyrisi şəkl 7.2.7-də verilmişdir. Bu asılılıq ildırım boşalmaları üçün xarakterikdir.



Şək.7.2.7. İldırımın xətt yaxınlığında yerə vurduğu halda, induksiya gərginliyinin amplitudlarının integral əyrisi.

7.2.7. Трослу хяттлярин илдырым мцщафизяси

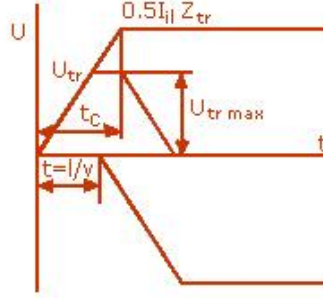
Troslu hava xətlərinin ildırımdan açılmaları aşağıdakı hallarda ola bilər: 1) ildırımın xətt aşırımının ortasında trosa vurması və tros-məftil hava aralığının qövs qapanması; 2) ildırımın tros mühafizəsindən yan keçərək, bir başa xətt məftilini vurması; 3) ildırımın dayağa vurması və dayaqdan xətt məftilinə əks boşalma verməsi.

İki dayaq arasında ildırımın aşırım ortasında trosa vurduğu hala baxaq. məftilə Əgər trosun çox yaxşı torpaqlandığını nəzərə alsaq $R_{imp} \ll Z_{tr}$, (Z_{tr} – trosun dalğa müqaviməti) ildırımın trosa vurduğu nöqtədə impuls gərginliyi şək. 7.2.8 –də göstərilən qaydada cərbucaqlı formada olar. Buna səbəb, qonşu dayaqların torpaqlanma müqavimətlərinə çətaraq oradan əks işarə ilə qayıdan ildırım impulsunun, eyni zamanda ildırım vuran nöqtəyə gəlmələri və trapes şəklində impuls verməsidir. İldırım vurduqdan sonar iki yaxın dayağın torpaqlanmasından əks olunan imoulslar həmin nöqtəyə çətana qədər, trostdakı gərginlik aşağıdakı kimi hesablanır:

$$U_{tr}(t) = i_{il}(t) \cdot \left(\frac{Z_{tr}}{2} \right) = a \cdot t \cdot \frac{Z_{tr}}{2} \quad (7.2.23)$$

$\tau = 2 \frac{\ell}{v} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\ell}{v}$ müddətindən sonra, dalğanın əks olunması nəticəsində ildırım vuran nöqtəyə impulsların eyni zamanda çatması ilə gərginliyin artımı dayanır, şək7.2.8. τ -nu (7.2.14) ifadəsində nəzərə alaraq, ildırım vurma nəticəsində trosta yaranan maksimal gərginliyi aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$U_{tr \max} = a \cdot Z_{tr} L / (2v) \quad (7.2.24)$$



Şək.7.2.8. Aşırım ortasında, ildırım trosa vurduğu halda, iki dayaq arasında yaranan trapes şəkilli impuls

(7.2.24)–dən göründüyü kimi, ildırım cərəyanının yaratdığı maksimal gərginliyin qiyməti bu cərəyanın qiymətindən deyil, onun dikliyi a -dan asılı olur. Trosla faz məftili arasında gərginliyi isə, induksiya prosesinə görə aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$U_{tr-max} = (1-k) \cdot a \cdot Z_{tr} \cdot L / (2v) \quad (7.2.25)$$

İki xətt dayacağı arasında ildırımın trosa vurmaı, trosla məftil arasında hava məsafəsinin seçilməsi üçün hesabət halı kimi qəbul edilir.

(7.2.25) ifadəsi ildırım cərəyanının dikliyi a -nı hava xətt aşırımının xarakteristikaları ilə əlaqələndirir. Aşırımın xarakteristikasını bilərək, (7.2.25) ifadəsindən a -nın qiymətini və trosla məftil arası hava məsafəsinə hesablamaq olar. Əvvəlcə ildırım cərəyanının dikliyinin müəyyən qiymətində (7.2.25) ifadəsindən tros-məftil arası elektrik möhkəmliyi, sonra isə təcrübi əyirlərdən ara məsafəsi təyin edilir. İstismar təcrübələri göstərir ki, tros-məftil arası məsafə aşırımın 2%-ni təşkil edir. Ona görə tros-məftil arasında impuls gərginliyi ilə deşilmə ehtimalı nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olur.

İldırım trosa vurduqda, aşırımın ortasında izolyasiyanın səviyyəsi yüksək olduğundan, izolyator zəncirinin deşilmə ehtimalı doğrudur. Lakin belə deşilmələrin ehtimalı, ildırımın bir başa dayacağı vurduğu haldakından azdır. Çünki, ildırım trosu vurduqda, dayaqdan ən çox ildırım cərəyanının $\frac{1}{2}$ -i keçir.

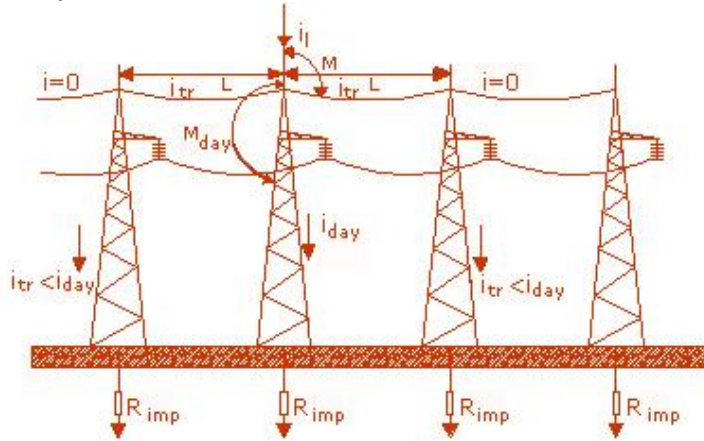
Dayağın ildırım ilə vurulması (və dayaq yaxınlığında trosun)- $4h_{day}/L$, nisbəti ilə təyin edilir, burada h_{day} -dayağın hündürlüyü, L -aşırım uzunluğudur. Onda dayağın ildırım vurma sayıları aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$n_{day} = n_{xüs} \frac{4h_{day}}{L}, \quad (7.2.26)$$

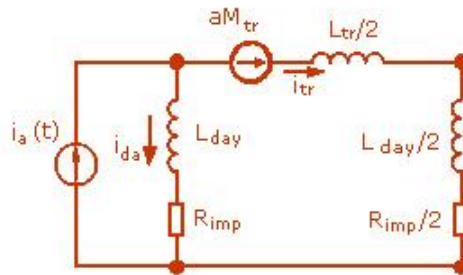
burada, $n_{xüs}$ –xəttin hər 100 km-nin illik ildırım ilə vurulmalarının xüsusi sayıdır.

Əgər xətt izolyasiyasına təsir edən ildırım gərginliyi, onun impuls boşalma gərginliyinə çatarsa, onda dayaqdan faz məftilinə əks boşalma vurur.

Xətt izolyasiyasının gərginliyi, xətt məftili ilə dayağın potensiallar fərqinə bərabərdir. Şək.7.2.9–dan görünür ki, ildırım dayağa vurduqda cərəyan əvvəlcə dayaqdan və onun torpaqlanma müqavimətindən keçir. İmpulsun dayaqdan keçmə müddəti, ildırım cərəyanının impuls müddətindən 10 dəfə azdır. Ona görə əvəz sxemlərində dayaqlar, yığcam induktivlikləri- $L_{day}=L_0h_{day}$ və torpaqlanma impuls müqavimətləri – R_{imp} ilə göstərilir şək.7.2.10. İldırım impulsu rejimlərində, dayağın induktivliyinə nisbətən az olduğundan, torpaqlayıcıların induktiv müqavimətlərini nəzərdən atmaq olar. İki dirəkli dayağın xüsusi induktivliyi 0.5 mkHn/m , tək dirəkli metal və ya dəmir-beton dayaq 0.6 mkHn/m və iki torpaqlayıcı məftili olan ağac dayaqlar üçün $0,7 \text{ mkHn/m}$ olur. İldırım vurduğu andan, zaman keçdikcə işıq sürəti ilə yayılan impuls təsirindən daha çox xətt dayaqları ildırım cərəyanının yerə ötürülməsində iştirak edirlər.



Şək.7.2.9. Dayağın təpə nöqtəsinin ildırım vurulması. Troslu xətlərin dayağına ildırım vurduqda cərəyanların yayılma sxemi.



Şək.7.2.10. Xətt dirəyinin təpə nöqtəsinə ildırım vurduğu zaman gərginliyin hesabı üçün əvəz sxemi

İldırım cərəyanının cəbhə uzunluqlarının real qiymətlərində ($\tau_{\text{жс}} \leq 10 \cdot l/\text{жс} \approx 20 \text{ мксн}$) və dayağın $R_{imp}=20 \text{ Ом}$ -luq impuls müqavimətlərində, ildırım vuran dayağa yaxın dayaqlardan əks olunan impulsuları nəzərə aldıqda,

hesabat daha dəqiq olur. Bu halda ildırım vuran dayağa yaxın, sağ və sol istiqamətlərdə $L_{tr}/2$, $L_{day}/2$ və $R_{ip}/2$ parametrlərinin ardıcıl birləşmiş əvəz sxemi ilə göstərilir, şəkl.7.2.10.

İldırım vuran dayağın potensialı, torpaqlanma müqaviməti və dayağın induktivliyindəki gərginlik düşkünləri ilə yanaşı i_{ild} cərəyanlı ildırım kanalı ilə dayaq arasında olan induktiv əlaqə ilə təyin edilir. Qarşılıqlı induksiya təxminən $M_0=0.2 \text{ mkHn/m}$ və $M_{day} \approx M_0 h_{day}$ kimi hesablanır. Ona görə, xətt dayağının təpə nöqtəsinin potensialı aşağıdakı kimi yazılır:

$$U_{day} = i_{day} R_{imp} + L_{day} \frac{di_{day}}{dt} + M_{day} \frac{di_{il}}{dt} \quad (7.2.27)$$

(7.2.27) ifadəsinin ikinci və üçüncü toplananları, yalnız ildırım cərəyanının cəbhə müddətində qiymət alır. Şəkl.7.2.10–da verilmiş əvəz sxeminə görə, dayaqdan keçən cərəyan- $i_{il}=at$ – cərəyan mənbəi və ildırımın maqnit sahəsinin yaratdığı tros-la-yer arasında aqnit ilgəyi hesabına- $aM_{tr} \approx 0.5h_{tr}$ meydana çıxan EHQ kimi gərginlik mənbəi ilə təyin edilir. Burada h_{tr} –trosun orta asılma hündürlüyüdür.

Cəbhə müddətində dayaqda yaranan cərəyan impulsu aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$i_{day} = at \left[\frac{0.5L_{tr} - M_{tr}}{0.5L_{tr} + L_{day}} \right] \frac{1 - e^{-\alpha t}}{\alpha t} \quad (7.2.28)$$

burada $\alpha = \frac{R_{imp}}{0.5L_{tr} + L_{day}}$; $L_{tr} = Z_{tr} \frac{\ell}{v} = \left(0.18 \ell n \frac{2h_{tr}}{r_{tr}} \right) \ell$.

Dayaqda cərəyanın törəməsi:

$$\frac{di_{day}}{dt} = a \cdot \left[\frac{0.5L_{tr} - M_{tr}}{0.5L_{tr} + L_{day}} \right] \cdot e^{-\alpha t} \quad (7.2.29)$$

Məftilin potensialı üç toplanandan təşkil olunur. İşçi gərginlik; ildırımın lider kanalının xətt məftilində induksiyaladığı gərginlik, trosda yayılan impulsun - U_{day} məftildə induksiyaladığı gərginlik.

Yarımpəriod ərzində işçi gərginliyin dayağın potensialının əksinə olan təsiri, fazların hər-hansı birindəki ani gərginlik və $U_{i\dot{s}}$ -nin hesabat ifadəsi, aşağıdakı orta qiymətlə göstərilir:

$$U_{is} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{U_{nom}}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2} \approx 0.5 \cdot U_{nom} \quad (7.2.30)$$

İldırım dayağa vurduqda, induksiya ilə alınan ifrat gərginliyin elektrik təşkiledicisi aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$U_{ind} \approx E_{orhes} \cdot (1-k) \quad (7.2.31)$$

burada $E_{op} \approx 10 \text{ kV/sm}$ –əsas boşalmadan əvvəl ildırımın lider kanalı ilə dayağın təpə nöqtəsi arasında yaranan orta sahə gərginliyi; k – tros-faz məftili arasında elektromaqnit əlaqə və trosun ekranlaşdırıcı təsirini nəzərə alan əmsaldır.

U_{ind} gərginliyi, dayağın təpə nöqtəsinin potensialı ilə əks işarədə olur. Trosun ildırım cərəyanı, faz məftilində kU_{day} qiymətli və dayaqda eyni işarəli potensial yaradır. Ona görə, potensialın bu təşkilədici xətt izolyasiyasına düşən gərginliyi azaldır. Beləliklə məftillə dayağın təpə nöqtəsi arasında potensiallar fərqinə bərabər olan ildırım cərəyanının maksimal qiyməti aşağıdakı kimi ifadə edilir:

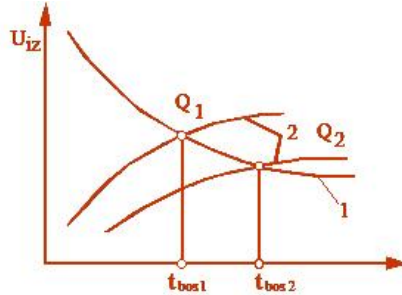
$$U_{il} = U_{day} - U_{məf} = U_{daü} - (\kappa U_{day} - U_{iş} - U_{ind}) = U_{day}(1 - \kappa) + U_{iş} + U_{ind} \quad (7.2.32)$$

Hesablanan U_{il} gərginliyini, ildırım boşalmasının $\tau_{cəb} - cəbhə müddəti$ üçün, xətt izolyasiyasının impuls qapanma qiyməti ilə müqayisə edirlər. U_{iz} gərginliyi ildırım cərəyanının cəbhəsində impuls dikliyi a –dan asılıdır. Cərəyanların dikliyi verilmiş τ_{cib} cəbhə müddətində maksimal ildırım cərəyanını təyin edir: - $I_{ilmax} = a\tau_{cəb}$. Əgər izolyasiyada gərginliyin Volt-saniyə qrafiki $U_{iz}(t)$ məlum olarsa, onların kəsişmə nöqtələri ildırım cərəyanının cəbhə müddətlərinə bərabər olacaqdır şəkl.7.2.1: $\tau_{cəb} = t_{boş}$.

İldırım dayağa vurduqda, kritik cərəyanın qiymətlərinə görə, izolyasiyanın qövslə qapanmasının təqribi hesabları aşağıda verilmişdir:

$$I_{kr} = \frac{U_{50\%}}{R_{imp} + \delta \cdot h_{day}} \quad (7.2.33)$$

İki troslu xətlərdə- $\delta = 0.15$, bir troslu xətlər üçün $\delta = 0.3$ olan əmsallardır..



Şəkl.7.2.11 İldırım cərəyanının müxtəlif cəbhə dikliyində ($a_1 > a_2$), xətt izolyasiyasının boşalmasının təyini 1-izolyasiyanın volt-saniyə xarakteristikası, 2- izolyasiyanın boşalma gərginliyi

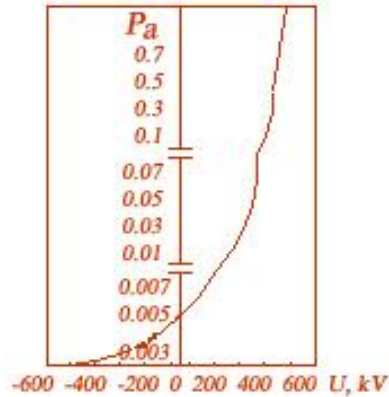
İki troslu xətlərdə dayağa düşən ildırım cərəyanını birtroslu xətlərə görə az, cərəyanın kritik qiyməti isə çox olur. Dayağın hündürlüyü artdıqca, onun induktivliyi və izolyator zəncirində gərginliyin qiyməti də artır. Nəticədə (7.2.33) ifadəsindən kritik cərəyan azalır. Bu hesabat üsulu dayağın torpaqlanma müqaviməti 30 Om-a , gərginliyi isə 500 kV-a qədər olan HX-də açılımların ehtimal olunan sayını hesablamaq üçün tətbiq edilir.

İstismar təcrübələrinə görə, ildırımın trosdan keçərək birbaşa xətt məftilinə vurma ehtimalı aşağıdakı empirik ifadə ilə hesablanır:

$$\lg P_{\alpha} = \frac{\alpha \sqrt{h_{day}}}{90} - 4 \quad (7.2.34)$$

burada h_{day} –dayağın hündürlüyü, m; α -xəttin ildırım mühafzə bucağı, trosdan keçən şaquli xətlə, trosla kənar məftildən keçən xətt arasındakı bucaqdır şək.7.2.12. α –bucağı trosun ekranlaşdırıcı təsirini göstərir.

P_{α} –nın dəqiq hesabları, xətt məftillərindən ildırım kanalı istiqamətində əks liderin inkişafı və bu iki boşalma arasında əlaqə ilə təyin edilir şək.7.2.13. Əks liderlərin inkişafı ildırımın lider kanalı ilə yer üstü obyektlərin qarşılıqlı elektrik sahələrinin hesablarına görə təyin edilir. Bu hesablar məftillərin sayı və yerləşməsi, yaxın xətlərin təsiri, aşırımda olan kəsişmələr, məftillərin sallanması, HX-nin işçi gərginliklərinin təsiri ilə dəyişir.



Şək.7.2.12. Trosların kənar məftildən α mühafizə bucağının təyini

Şək.7.2.13. P_{α} -nin məftilin potensialından asılılığı

İki tros mühafizəsindən ildırımın məftili vurması ehtimalının işçi gərginlikdən asılılığı şək.7.2.13-də verilir. Şəkildən görüldüyü kimi, ildırımın trosdan yan keçərək məftilə vurması, xəttin bu anda malik olduğu potensialdan asılıdır.

7.3. Айырыжылар

Айырыжылар електрик стансийа вѣ йарымстансийаларынын ѣн чох истифадыя олунан гурьуларыдыр. Йцксяк эярэинлик шѣбѣкяляринин схемляриндыя онларын сайы ачарлара нисбятян 2,5 – 4 дяфя чох олур. Онлар шѣбѣкядя эюзля эюрцнян ачылмалар йаратмаг цццн истифадыя едилирляр. Айырыжылар шѣмишя йцксяк дювряляр шалында гошулуб ачылмалыдыр. Она эюра шѣбѣкяни йцксяк ачдыгда айырыжы ачардан

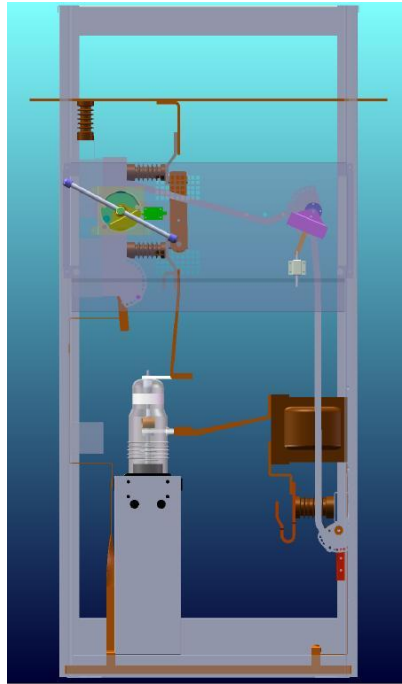
сонра ачылмалы, гошдугда ися ачардан яввял олан ямялийат сырасында гошулмалыдыр. Йцкцлц шябьякя элементляринин айырыжы иля ачылмасы гадабандыр. Чцнки, айырыжынын ачыг контактлары арасында йаранан гювс чох буюцк юлчцляря чатарак гоншу фазалара вя йа торпагланмыш элементляря сычрайа бияр. Ачыг пайлайыжы гурулушларда олан айырыжылар бцтцн иглим шятрляриндя (кцляк, бузлашма, чирклянмя, нямянмя вя с) етибарлы оларак ачыб гапама ямялийаты апармалыдырлар.

Хятт мяфтилляриндя олдуу кими айырыжыларын контактлары йахынлыбында да тажланма щадисяси баш верир. 220 кВ вя даща йцксяк эярэинликлярдя щямин ятрафда тажланманын лявв едилмяси цццн, бярабярляшдирижи экранлар тятбиг едилир. Йцксяк эярэинликлярдя щямин экранлар айырыжыларын дайаг сцтунлары цзря ЕСЭ-ни бярабярляшдирир.

7.3.1. Айырыжыларын нювлари вя конструкийа элементляри

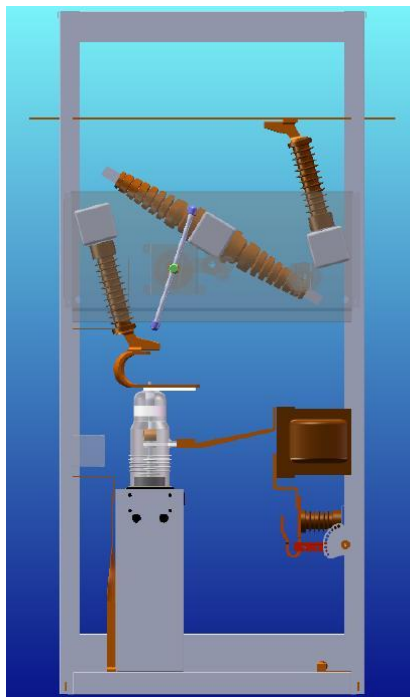
Айырыжыларын конструкийалары пайлайыжы гурулушдакы элементляр вя апаратларынын йерляшмя гайдасы иля ялагядар оларак сечилир. Айырыжылар сечидикдя ПГ-ын баш щемии, эярэинлик вя жряйян трансформаторлары, мцщафизя апаратларынын типляри вя йерляшмяси нязря алыныр. Она эюря бцтцн щаллар цццн универсал айырыжы конструкийасы сечмяк мцмкцн дейилдир. Йцксяк эярэинлик айырыжыларынын мцхтялиф конструкийалар шякилиндя олмасы да бунунла изащ едилир. Бцтцн айырыжыларда ясас ищчи элемент олан, щярякятли вя тярпянмяз контакт системляри вардыр. Щярякятли контактлар изолйасийа дястяйи вя интигал механизми васитяси иля щярякят етдирилир. Бунлардан башга, айырыжылар дайаг изолйаторлары, жряйян кечирян щиссялярин экран системляри кими щиссялярдян ибарятдир. Дайаг изолйаторлары контакт системлярини вя экранлары сахлайан, електрик изолйасийасы вя монтаъ цццн олан ясас конструкийалардыр. Айырыжылар номинал эярэинликляр вя жряйянарлары; гурашдырылма нювц (дахилия вя харижя гурашдырылмыш типляри); гцтбляр сайы (бир, ики вя йа цц гцтблц); идаря гайдасы (ял иля, електрик вя пневматик интигаллы); вя нящайят торпагланма бычагларынын олуб олмамасы иля фярглянирляр.

Ашабыда б(10) эярэинлик пайлайыжы комплект гурьюларда ики нюв айырыжынын тятбиги эюстярилмищдир:



Шяк. 7.3.1 Ади айырыжылы (Рус варианты РВРз-10 торраqlаmа bиçаqlı), 6-10 кВ биртяряфли хидмят олунан пайлайыжы йыьма камера- ВХУК

Шяк.7.3.2-дя мяркъязи оху цзя дюнян айырыжылы бир тяряфли хидмят едилян йыьма камера эюстярилмишдир. Бурада айырыжынын оху дягигликля шинля ачарын чыхыш контакты арасында олан чевря мяркъязиня дцшмяси щесабланыб монтаж едилир. Айырыжынын ики тяряфли тярпянмяз контактларындан бири шинля, диэари ися ачарын чыхыш контакты иля ялагялидир. Бу контакт ужлары йуванын саь вя сол диварларында сабит бяркидилмиш епоксид эювдяли дайаг изоляторлары цзяриндя монтаж едилмишдир.



Şəк.7.3.2 6-10 kV-lu döner ayırıcılı vakuüm açarlı birtətrəfli xidmət olunan yığma kamera- BXUK , ayırıcının açıq vəziyyəti.

Бунлардан башга айырыжылар номинал эярэинлик, жярйанларына вя йа диэяр яламятляриня эюря, фярглянн мцхтялиф конструксийалары (контакт щяркятинин цфиги, шагули, маили вя с. олмасы иля) ящатя едирляр. Онлар ашаьыдакы кими фяргляндирилирляр:

Вертикал дюнян (кясижи тип). Бу айырыжыларда бычагларын гапанмасы вя ачылмасы дайаг изоляаторларынын охуна паралел мцстявидя фырланма щяркяти иля йериня йетирилир щяк.7.3.3 а.

Щоризонтал дюнян (фырланан) тип. Бу айырыжыларда бычагларын гапанма вя ачылмасы дайаг изоляаторларынын охуна перпендикуляр мцстявидя фырланмасы иля йериня йетирилир щяк. 7.3.3 б.

610)-35 кВ дахили тип йььма камераларда мяркяз оху цзря баьланмыш изоляаторларын фырланма типли (дюнян) олан айырыжылар, изолясийа мясафяляри сахланылмагла камераларын даща йььжам юлщлярдя алынмасына имкан верир. Азярбайжанда «ЭБС» вя «АзЕлКо» щиркятляри тяряфиндян щазырланан йььма камераларда беля айырыжылар тябиг едилмищдир.

Йеллянян тип 7.3.3 ж. Бурада контакт бычаглары изоляаторларла бярәбяр вә онларын охуна паралел щярякяти илә баш верир.

Дийирлянян типли айырыжылар.

Дцз хяттли щярякят едян, гатланан бычаглы, асма тип айырыжылар да мювжуддур 7.3.3 д.е.

Пантограф айырыжылар шагули галхан конструкторларла малик олурлар.

Шяк.7.3.4-дә тәк вә ики изолятор сцтуну цзяриндә монтаж едилмиш щоризонтал дюнян тип айырыжыларын схемляри верилир.

Бундан башга айырыжылар дахили вә харижи гурьулар цццн, дайаг изоляторларынын фяргиня эюрә бир нечә тип вә конструкторларла малик олурлар.

7.3.2. Айырыжыларын изоляасийә щесабатлары

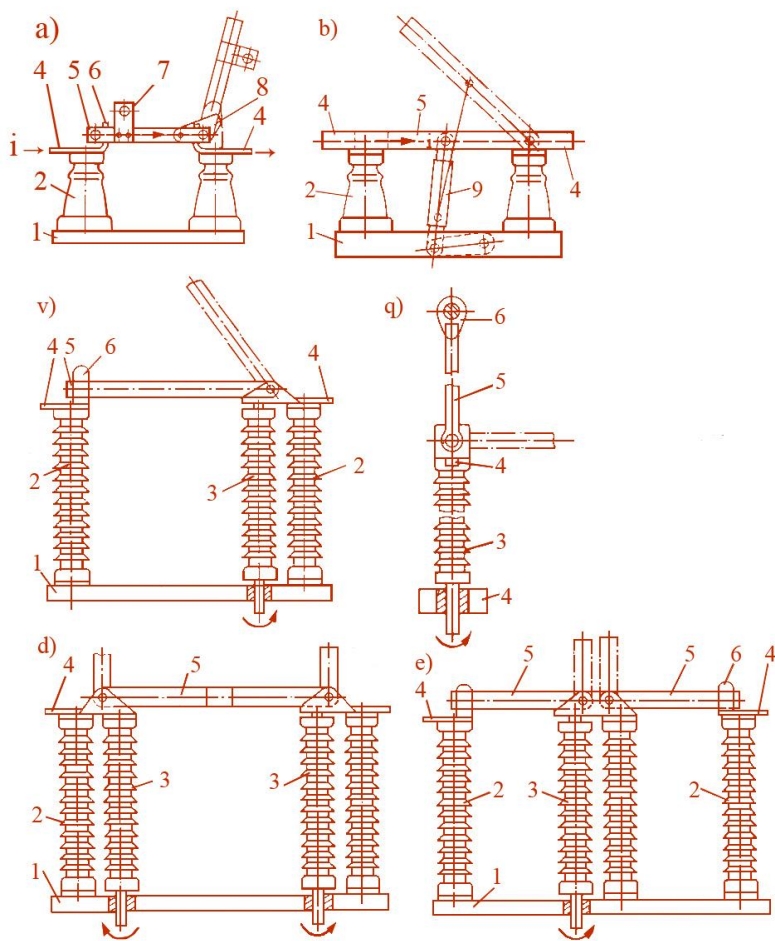
Айырыжылар эюзлә эюрцнян ачыг контактлар арасында вә изоляасийә мясафяляриндә йахшы електрик изоляасийә сывийясиня малик олмалыдырлар. Бурайә ясасян ашабыдакы щиссялярин изоляасийә сывийяляри аиддирляр: а) эярэинлик алтында вә торпагланан щиссяляр арасында изоляасийә; б) эярэинлик алтында олан гоншу фазлар арасы изоляасийә; в) бир гцтбцн ачыг контактлары арасында изоляасийә.

Эюстярилмиш бу элементляр арасында елә изоляасийә йарадылыр ки, айырыжы ИЕЖ 62271 вә ДЦИСТ 1516.1-76 стандартларына уйбун эялсин.

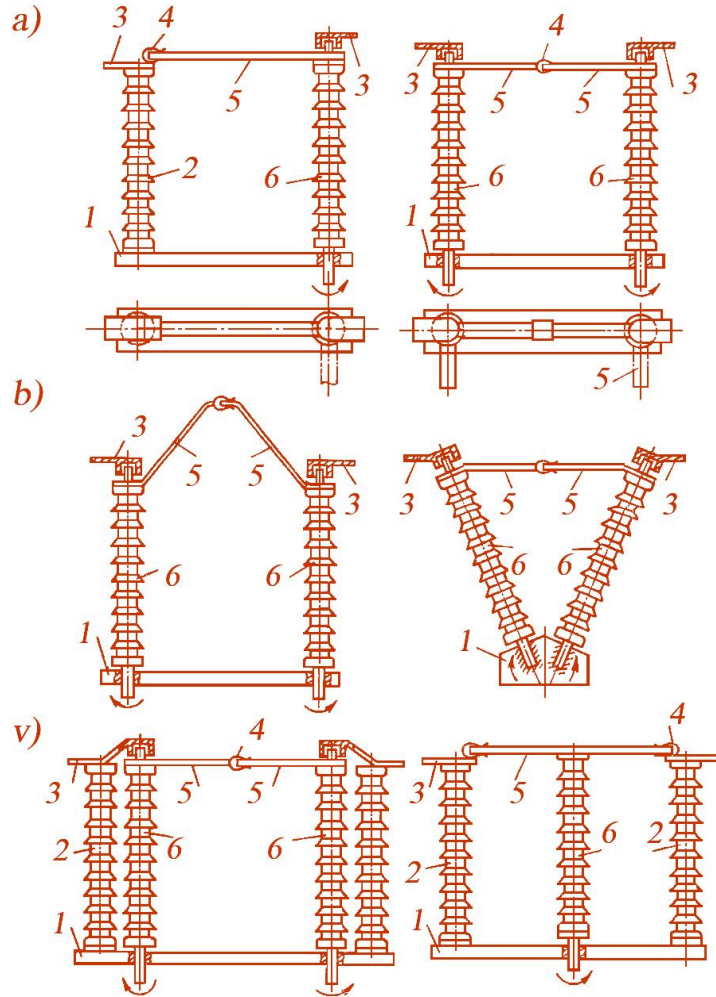
Айырыжыларын йухарыда эюстярилмиш ясас изоляасийә мясафяляринин минимал гиймятлярини тйин етмяк цццн, тязрцбялярдән алынмыш асылылыг ййриляри шяк.7.3.4 – 7.3.6 вә йә тязрцби йолла алынмыш емпирик ифадялярдән истифадя едирляр.

Мялумдур ки, айырыжылар диэяр шябәкя апаратлары кими, мцмкцн олан бцтцн эярэинликлярин тясириня мяруз галыр. Она эюрә, изоляасийә мясафяляри цццн сянәйе тезликли эярэинлик, стандарт импулс эярэинлийи вә коммутасийә импулс эярэинликляри цццн ййриляр вә емпирик ифадяляр тятбиг едилир.

Сянәйе тезликли эярэинликляр тясир етдикдә изоляасийә аралыглары мясафяляринин тйин едилмяси. Шяк.7.3.5-7.3.7-дә эюстярилян эярэинлик тясирляри илә **щавада** изоляасийә аралыгларынын тйин етмяк цццн олан ййриляр эюстярилмишдир. Щавада дешилмя эярэинлийинин гиймяти, харижи изоляасийәнын гуру вә тямиз олдуьу щалда 50 Щс, 1 дягигя сахланан сынаг эярэинликляринин дешилмя эярэинликляриндән 5-10 % буюцк олур. Бурада эярэинлийин тясиредижи гиймятляри эютцрцлр.

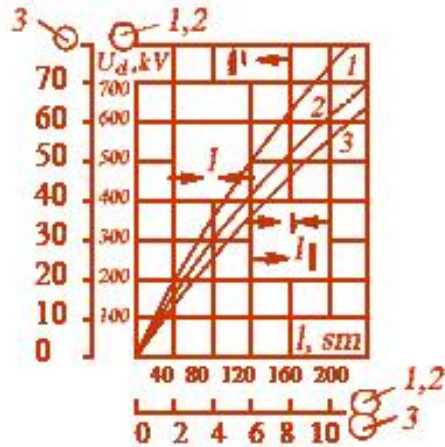


Шяк.7.3.3. Вертикал дюнян тип 6(10)кВ а) в) б), 35-220 кВ изолятору цзяриндя щоризонтал дюнян в) бычаглары гатланан тип айырыжылар:- в), з), д), е)



Шяк.7.3.4. Мүхтялиф тип тьяк вя жцт изоляторлу, вертикал вя В шякилли йцксяк эярэинликли щоризонтал дюнян тип айырыжыларын конструкцийалары

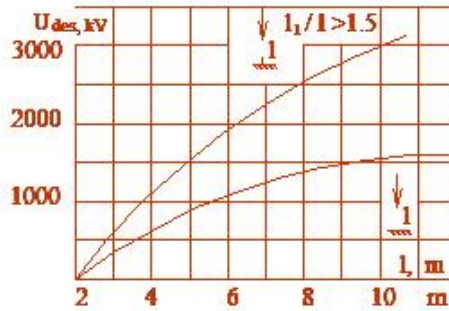
Беяликлия сечилиян тьярцби методикаларда чиркляня вя нямяляня шяраитляри дя нязяря алынмагла щесаблинан хятт изоляторлары вя апарат изолясия вя йа изоляторлары цццн конструкция вя категорияларынын уйбунлуьу тьяин едилир. Бу методика иля щесаблинан изолясия сывийясиня эоря ян оптимал вариантларда, 110 кВ вя йухары эярэинликляр цццн сынаг эярэинлийи ян бьойцк фаз эярэинлийиндян 10 %, 6-35 кВ эярэинликлярдя ися 30 % чох ола биляр.



Шяк.7.3.5. Айыржыларын ясас изолясийа аралыгларынын 50 Щс тезликдя щава мясафяляринин дешилмя яйриляри

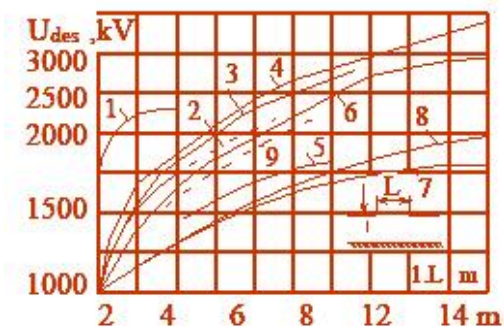
Айырыжынын контактлары гапалы олдугда, контактларла торпагланмыш алт монтаъ метал щиссяляр арасында дайаг изоляиторларынын щндцрлщц гуру бошалма эярэинлийиня ясасян щесабланыр:

$$U_{des} = (1,05 \div 1,1) \cdot U_{qb} \quad (7.3.1)$$



Шяк.7.3.6. Щава аралыгынын 50 Щс тезликли дешилмя эярэинлийи амплитуд гиймятляринин мясафядян асылылыглары

Даща йцксяк эярэинликли (330-500 кВ) айырыжыларын контакт элементляри кцря вя йа тороидал экранлар васитяси иля щяр фазада экранлащдырылыр. Бу щаллар ццн чохла сайда тятгигатлар апарылмышдыр [23,24]. Алынмыш бир сыра нятижяляр шяк.7.3.7-дя верилир.



Шяк.7.3.7. Щава аралыбынын 50 Щс тезликли, 50 %-ли дешилмя эярэинлийинин амплитуд гиймятляринин мясафядян асылылглары. Электродлар: 3м диаметрндя кыря-торпагланмышы мцстяви (1-яйриси); ики экранлашдырыжы щялгы-(2 яйриси), $л/Л=1,5$ (3 яйриси), $л/Л=2$ (4 яйриси); ики гат овал-торпагланмышы мцстяви (5 яйриси); экранлашдыржы тороид-ени 1м олан портал дайаг (6 яйриси); ийня-торпагланмышы мцстяви (7 яйриси); экранлашдыржы щялгы-торпагланмышы мцстяви (8 яйриси); экранлашдырыжы щялгы-3 м ениндя олан портал дайаг 9(яйриси)

Атмосфер тязийгиндя, узунлуьу $8 < l < 100$ см олан, щава аралыбынын дешилмясиндя минимал мясафяни (см-ляря) ашаьыдакы емпирик ифадялярля тьяин етмяк олар:

ийня – торпагланмышы мцстяви арасында дешилмя

$$l = 0,285 \cdot U_{des} - 2,85, \quad (7.3.2)$$

ики ийня электродлары арасында

$$l = 0,27 \cdot U_{des} - 2,7. \quad (7.3.3)$$

Атмосфердя щаванын $л > 100$ см олан мясафяляриндя ися, изолясийа аралыбынын минимал гиймятлярин цццн (см-ля), ашаьыдакы емпирик ифадялярля тятбиг едиля биляр:

Ийня-ийня, паралел цилиндрляр вя ики щялгы шякилли (тороид) электродлар арасында $л$ -ин $100 \div 450$ см мясафяляриндякы гиймятлярин цццн :

$$l = \left(8,5 - \sqrt{70 - 3,52 \cdot 10^{-2} \cdot U_{des}} \right) \cdot 10^2. \quad (7.3.4)$$

Ийня-мцстяви, мцстяви цзяриндя - цфиги йерляиян щялгы, мцстяви цзяриндя - шагули щялгы, кыря – мцстяви электродлары цццн, щавада минимал дешилмя мясафяси ашаьыдакы кими щесабланьыр:

$$l = \left(9,12 - \sqrt{90,27 - 6,26 \cdot 10^{-2} \cdot U_{des}} \right) \cdot 10^2 \quad (7.3.5)$$

(7.3.2) - (7.3.5) ифадяляриндя 50 Щс дешилмя эярэинлийи ццн кВ-ла тясиредижи гиймятляр, l –ин минимал гиймятляри ися см-лярля верилмишдир. Щесабатларда нязря алмаг лазымдыр ки, Шяк.7.3.3-дя верилмиш яйриляр ццн ординат охунда дешилмя эярэинликляринин тясиредижи гиймятляри, шяк.7.3.6-7.3.8 – дя ординат охундакы гиймятляр ися, дешилмя эярэинликляринин амплитуд гиймятляриня уйьун эялир.

Щавада 200 см-дян буюцк мясафялярдя *ийня – торпагланмыш мцстяви* электродлар арасында бошалма эярэинлийинин минимал мясафяси ашаьыдакы ифадя иля тьяин едилир:

$$U_{des} = 567,5\sqrt{1-90/l} \cdot \ell n \frac{1 + \sqrt{1-90/l}}{1 - \sqrt{1-90/l}}, \quad (7.3.6)$$

бурада U_{des} –дешилмя эярэинлийинин амплитуд гиймяти, кВ-ла; l – *дешилян* ара мясафяси, см-ля. (7.3.6) ифадясинин нятижяляри, тьярцбялярдя алынмыш нятижялярля уйьун эялир.

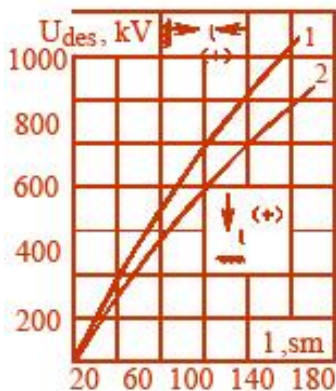
Шяк.7.3.5, 7.3.6 вя 7.3.7 – дя верилмиш тьярцби яйрилярля, (7.3.1)-(7.3.5) ифадяляриндян алынан гиймятляр, мцхтялиф электродлар системи ццн вя ара мясафясинин 150-200 см гиймятляриндя йахын нятижяляр верир. Лакин, мясафя артдыгжа бу нятижяляр арасында фярг чохалыр вя мцщафизя экранларынын ролу артыр. Она эюря, аралыьын 200 см - дян буюцк гиймятляриндя щесабатлар щяр ики усулла апарылмалы вя онлардан ян буюццц сон нятижя кими гябул едилмялидир.

Шякил 7.3.7 –дян эюрцндццц кими экранлашдырыжы щялгя-торпагланмыш мцстяви арасында (8 яйриси) вя ийня –торпагланмыш мцстяви арасында (7 яйриси) мясафя, 5 м-дян чох, артдыгжа нятижяляр дя даща чох фярглянир. Экранлашдырыжы щялгя иля торпагланмыш мцстяви арасында бошалма эярэинлийиня уйьун олан минимал мясафяси экранлашдыржы щялгянин конструкторийасындан асылы олур. 120 мм-лик борудан 3 м радиусла яйилмш тороидал экран ццн шяк.7.3.7 дя эюстярилдийи кими дешилмя эярэинлийи 8 яйриси иля дьяишир. Ики ядыд 9 см –лик борудан 630 вя 220 см -лик радиуслары, ара мясафяляри 220 см олан тороид вя торпагланмыш мцстяви электродлар системи арасында бошалма эярэинликляриня уйьун минимал мясафяляр шяк.7.3.7-дя 5 яйрисиндя эюстярилмишдир. 5 вя 8 яйриляринин мцгайисясиндян эюрцнцр ки, цст-цстя монтаж едилмиш 2 ядыд экранлар олдугда-5, бошалма эярэинликляри бир гядяр артыр.

Экранлашдыржы тороид вя портал арасында бошалма эярэинлийи портал даьаьынын еиндян асылыдыр. Яэяр порталын ени 100 см оларса, бошалма эярэинлийи шяк.7.3.7 6 яйриси иля, 300 см олдугда ися 9 яйриси

иля дыйишьяржак азалмыш олур. Порталын ени артарса, бошалма эярэинлийи даща чох азалар. Дайаьын ени кифайят гядяр буюцк олдугда ися, бошалма эярэинлийи азалараг 8 яйриси иля эюстяриляжякдир.

Тороидал щялгяляр арасында бошалма эярэинликляри онларын йер сятщиндян олан мясафяляриня эюря дыйишир:- шяк.7.3.7 2,3 вя 4 яйриляри.



Шяк.7.3.8. (+) гцтблц стандарт импуль тясир иля щавада дешилмя эяринлийинин мясафядян асылылыг яйриляри

Илдырым импульсуна уйьун ифрат эярэинликляр тясир етдикдя, айырыжылар цццн щава изолясийа мясафяляринин щесаблинмасы. Шяк.7.3.8 вя шяк. 7.3.9 –да мцсбят вя мянфи гцтблц 1,5/40 мксан-лик илдырым импульслары тясирляри иля, щавада импуль бошалма эярэинликляринин мясафядян асылылыг яйриляри верилмишдир.

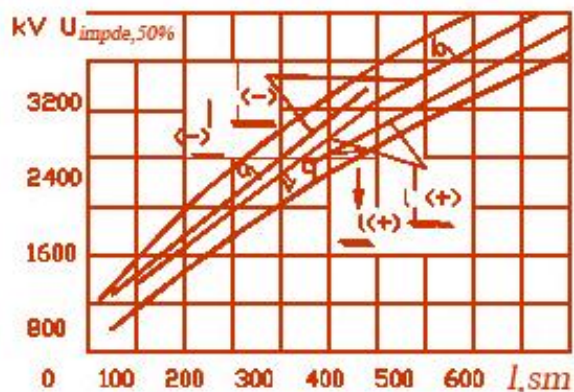
Бейнялхалг Електротехника Комиссийасы БЕК вя ДЦИСТ стандартларына эюря, импуль щесабат дешилмя эярэинликляри, импуль сынаг эярэинликляриндян 5-10 % артыг эютцрцлцр:

$$U_{imp\ deshes} = (1,05 \div 1,1) \cdot U_{imp\ des} \quad (7.3.7)$$

Ийня-торпагланмыш электролар арасында, атмосфер тязйигиндя, щаванын сантиметрляря юлццян бошалма аралыглары мцсбят, стандарт импуль тясир етдикдя ашаьыдакы фиадя иля тьяин едилир:

$$l = 0,187 \cdot U_{imp\ deshes} \quad (7.3.8)$$

Бу ифадя, дешилмя аралыьынын 40 см –ля 1000 см арасында олан мясафяляр цццн доьру олур.



Шяк.7.3.9. Щавада (+) вя (-) гцтблц стандарт 1,5/40 мксан-лик там импулсун тясире иля 50%-ли дешилмя эярэинлийинин мясафядян асылылыглары .а,б,в,г яйрилары мцхтялиф мцяллифлярин алдыбы нятижялярдир.

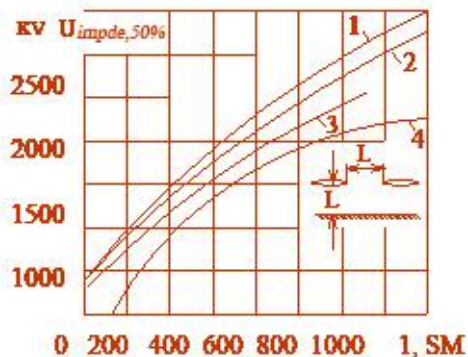
Импулсун мянфи гцтблццндя 50%-ли импулс дешилмя эярэинлийи, мцсбят гцтблцкдя олан дешилмя эярэинликляриндя буюцк олур шяк.7.3.8. Лакин, ийня-ийня елетродлары арасында бу фярг нисбятян кичик олур. Чцнки, бу шалда шяр ики гцтблцкдя бошалма мцсбят ийнядян башлайыр. Шяк.7.3.8 –дя эюрцндцйц кими, шяр ики гцтблцкдя ийня-ийня елетродлары арасында а,б вя в,г яйрилары жцт верилмишдир. Бу мцхтялиф мцяллифлярин алдыбы нятижялярин фяргли олдуьуну эюстярир. Яйриляр арасында олан бу фяргляр мясафянин артмасы иля даща да чохалыр.

Ики тороидал шялгя арасында щава аралыгларынын илдырым ифрат эярэинликляринин (стандарт импулсу шякилиндя олан) тясире иля дешилмяси, шяк.7.3.8-да ийня-ийня елетродлары ццн верилмиш а,б вя в,г эярэинлик яйрилары иля тйин едилир.

Щавада ара мясафялярин коммутасийа импулсларынын тясире иля тйин едилмяси. Мялумдур ки, коммутасийа импулсларынын жябщя мцддяти илдырым импулсунун тясир мцддятиндя ян азы 10-100 дяфя буюцк олур (50-5000 мксан). Шяк.7.3.9-дя коммутасийа ифрат эярэинлик импулсларынын тясире иля, мцхтялиф формалы вя юлццц елетродлар арасында 50%-ли дешилмя эярэинликляри эюстярилмишдир.

Коммутасийа ифрат эярэинлик импулсларынын жябщя мцддяти артдыгжа дешилмя эярэинлийи яввялжя, 100-300 мксан мцддятляриндя минимума чатана гядяр азалыр, сонра ися тядрижян артыр. Бу заман дешилмя эярэинлийи шяк.7.3.7 –дя верилмиш 8 яйрисиня уйьун, экранлашдырыжы шялгя - торпагланмыш мцстяви шалында алынмыш

гыймятляр гядяр артыр. Коммутасийа импульслары цццн щава аралыбынын дешилмяси вя бу заман тыйин едилян мясафяляр 330 кВ – дан буюцк олан эярэинликляр цццн апарылыр.



Шяк.7.3.9. Мүсбят гүтблц коммутасийа импульсларынын тясирин иля, щава аралыбынын 50%-ли дешилмя эярэинлийинин мясафя асылылглары.

Електродлар: экранлашдырыжы тороидал цялгяляр арасы 1 яйриси - $л/Л=2$; 2 яйриси - $л/Л=1,5$; 3 яйриси $л/Л=1$ цалында, цялгя-торпагланмыш мүстяви – 4 яйриси.

Щава аралыгларынын сон гиймяти кими, сянайе тезликли, коммутасийа импульслары вя илдырым импульслары тясирляри иля алынмыш дешилмя эярэинликляриня уйьун ян буюцк мясафя сечилир. Електродлар арасы мясафяляр 300 см – дян буюцк олан щалларда, електрик мюцкямлийинин мясафядян асылылыгларына, экранларын конструкторларынын тясирин дя нязря алынмалыдыр.

7.3.3. Айырыжыларын дайаг изоляторлары вя изолясийа сцтунларынын щесабатлары

Бцццн апаратларда олдуьу кими, айырыжыларын дайаг изоляторлары вя изолясийа сцтунларынын щесабланмасы цццн ашаьыдакы параметрляр верилмялидир: 1) изоляторун номинал эярэинлийи; 2) харижи вя йа дахили нювлц гурашдырылма гайдалары; 3) мцлайим, тропик вя гцтб иглим шяраитляриня эюря щазырланма дяржяси; 4) арматурларын бяркидилмя гайдалары (сементлямя, механики йолла дахилия вя харижя бяркидилян арматурлар); 5) изоляторун типи (цилиндрик, коник, дахили ойуу вя йа бцтюв ен кясийи оланлар), тахма-дайаг, чубуг шякилли-дайаг вя с.

Харижи гурулушлу айырыжылар цццн, йухарыда эюстярилянлярдян башга, изоляторларын щесабатларнда, изолясийа

сытци цзя А, Б, В категорийаларына аид жядвял 2.2.1, 13.1.7 вя 13.1.8 – дя верилян юлчцляр дя эюстярилмялидир.

Дахили типли айырыжыларын дайаг изоляаторларынын актив щндцрлцкляри гуру шалда сахланылан сынаг эярэинликляри $-U_{зб}$ вя импулс $-U_{имп}$ сынаг эярэинликляриня эюря тьяин едилир. Харижи тип айрыжыларда ися, щесабатлар ялавя олараг йаьмур шалда бошалма эярэинлийиня, ДЦИСТ 1516.1.76, дя йохланылыр $U_{йб}$. Актив $Щ_a$ щндцрлцкляринин щесабатында сечилмиш щесабат эярэинликляри $U_{зб}$ щес вя $U_{имп}$ щес, сынаг эярэинликляриндя бир гядяр буюцк эютцрлццр. Чцнки, щесабат эярэинликляриндя атмосфердя тязйиг, температур вя нямлийин тясиринин (2.3.1÷2.3.5) дяйишмя ифадяляри вя диэяр конструксийа яламатляри нязря алыныр:

$$U_{зб щес} = k_{ещ} \cdot U_{зб}; \quad U_{имп щес} = k_{ещ} \cdot U_{имп} \quad (7.3.9)$$

Бурада $k_{ещ} = 1,05 \div 1,2$ – эиймятляриндя ещтийат ямсалыдыр.

35 кВ-а гядяр олан айырыжыларын дайаг изоляаторларынын сантиметрлярля щесабланан актив щндцрлццц ашабыдакы ифадялярля тьяин едилир:

а) сянайе тезликли эярэинлик цццн

$$H_a = 115 - \sqrt{13225 - 50 \cdot U_{qbhes}} \quad (7.3.10)$$

б) эярэинлийи 130 кВ-а гядяр олан там импулс цццн

$$H_a = 26,3 - \sqrt{690 - 5 \cdot U_{imp hes}} \quad (7.3.11)$$

в) эярэинлийи 130 кВ-дан буюцк олан там импулс цццн

$$Щ_a = 0,195 U_{имп щес} \quad (7.3.12)$$

Актив $Щ_a$ щндцрлццц кими, сонунжу цч ифадядян алынмыш жавабларын ян буюццц сечилир.

Тропик вя субтропик иглим шьяраитляриндя дахили тип айырыжы изоляаторларынын (дайаг изоляатору) актив щндцрлцкляри (7.3.10÷7.3.12) ейни ифадялярля щесабланырлар. Лакин бу шалда, изоляаторларын харижи сытциндя ятяклярин сайы, ади шалдакы изоляаторлардан хейли буюцк эютцрлццр [15,16,18,32].

$U_{ном}, кВ. \dots$	6	10	15	20	35
$Ятяк сайлары. \dots$	4	4-5	5	5-6	8-10

Ятяклярин верилмиш сайында онларын юлчцляри еля сечилир ки, изоляаторун сытци бойу сызма жярйяанынын йолу онларын актив щндцрлцццндя 25-35 % буюцк олсцн.

Харичи тип айырыжыларын сантиметрлрля щесабланан актив хюндүрлүклри ашагыдакы кими щесабылыр:

1. Сәнaye тезликли гяргинликлрде
- а) 35 кВ гяргинлийэ қәдәр (7.3.10) формуласы илө

b) 110-220 kV gərginliklərdə, A, B, V kateqoriyalı ekranız işləyən izolyatorların 80-300 sm həddlərində olan aktiv- H_a hündürlüyü:

$$H_a = 338,2 - \sqrt{111663 - 143 \cdot U_{qbhes}} \quad (7.3.13)$$

c) 150 kV və daha yüksək gərginlikdə, A, B, V kateqoriyalı, ekranlı, izolyatorların 150-450 sm ölçüləri həddində olan aktiv- H_a hündürlüyü:

$$H_a = 1716,4 - \sqrt{312 \cdot 10^4 - 1226 \cdot U_{qbhes}} \quad (7.3.14)$$

(7.3.13) və (7.3.14) ifadələri ilə həm tək izolyatorun, həm də izolyator sütununun aktiv hündürlükləri hesablanır. Çubuq və taxma dayaq izolyatorlardan ibarət, şəkl. 7.3.10 a,b olan sütunun H_a hündürlüyü, dayaq

izolyatorlarının H'_a aktiv hündürlüklərinin cəmi kimi təyin edilir: $H_a = \sum_1^{n_i} H'_a$.

İzolyator sütununun real aktiv hündürlüyü

$$H_a = l_{b \text{ yolu}} - 0,5 \cdot h_{ar} \cdot (n_i - 1) \text{ kimi hesablanır} \quad (7.3.15),$$

burada n_i –sütunda izolyatorların sayı, h_{ar} –armaturların hündürlüyü, $l_{b \text{ yolu}}$ –boşalma yolunun uzunluğu, sm-lə.

İzolyatorların hündürlüyü 200 sm-dən böyük olduğu hallarda, ekranlar nəzərə alınır. İstifadə edilən toroidal ekranların ölçüləri (7.1.13÷7.1.16) ifadələrdən təyin edilir. Ümumiyyətlə bu metodika işlənərkən, paylayıcı qurğuların və digər aparatların izolyasiyası elə hazırlanır ki, onlar standart sınaq gərginliklərinə davam gətirsin.

7.3.4. Чохелементли изолятор сцтунларында эярэинлийин пайланмасы вя тянзимляннямси

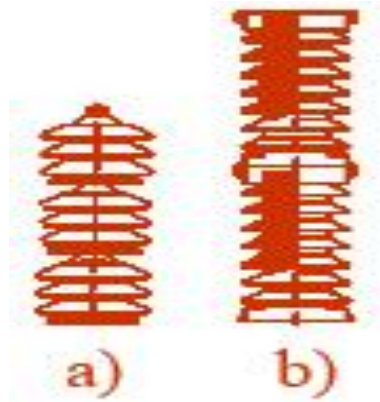
220 kВ дан буюцк дайаг вя кечид изоляторлары сцтун шякилиндя олурлар. Сцтунда бир нечя изоляторун комбинасийасындан истифады едилир шяк. 7.3.10. Эярэинлик тятбиг едилдикдя щяр бир изолятор сцтундакы йериня эюря айрыжа бир тутум елементи кими йцклянир. Эярэинлийин пайланма функциясы цццн ихтийари к изоляторунда ашабыдакы ифадяни йазмаг олар:

$$U_k = A_1 \cdot e^{\gamma k} + A_2 \cdot e^{-\gamma k} \quad (7.3.15)$$

бурада

$$A_1 = \frac{(\alpha + \beta \cdot e^{-\gamma n}) \cdot (1 - e^{-\gamma})}{2 \cdot (\alpha + \beta) \cdot sh \gamma n}; \quad (7.3.16)$$

$$A_2 = \frac{(\alpha + \beta \cdot e^{\gamma n}) \cdot (e^{\gamma} - 1)}{2 \cdot (\alpha + \beta) \cdot sh \gamma n}. \quad (7.3.17)$$



Шяк.7.3.10. Дайаг сцтунларыны тяжикл едян изоляторлар а)ДХТ-дайаг, харижи, тахма тип; б)ДХЧ-дайаг, харижи, чубуг тип изоляторлар

Бурада U_k - изолятор элементляриндя, тятбиг едилян эярэинлийин пайлары кими гиймятляр алыр. α, β, γ параметрлэри үчүн yazmaq olar:

$$\alpha = \frac{C_1}{C}, \quad \beta = \frac{C_2}{C}, \quad \gamma = \operatorname{arch}\left(1 + \frac{\alpha + \beta}{2}\right). \quad (7.3.18)$$

Яээр $\alpha + \beta \ll 1$ оларса, онда

$$\gamma \approx \sqrt{\alpha + \beta} \quad \text{кими шесабланыр:} \quad (7.3.19)$$

Бурада J -изолятор сцтунун шяндяси тутуму, J_1 -изоляторларын юз араларында бирляшмя арматурларынын йеря нязряян, J_2 - арматурларын шинляря эюря йаратдыглары тутумлардыр.

Сцтун изоляторларынын бошалма эярэинлийи, адатян эярэинлийин тятбиг едилдийи цст изолятора дцшян эярэинликля тйин едилир. Сцтунун дешилмяси сцрцшян бошалма эярэинлийиндян башлайыр [19]. Сцтунда изоляторларын сайы чох олдугда $k=n$ вя $\beta e^{-\gamma n} \ll \alpha$ эютцрцля биляр вя (7.3.15), (7.3.16) тянликлярини даща садя шякилдя йазмаг олар:

$$U_n \approx A_1 \cdot e^{\gamma n} \quad (7.3.20)$$

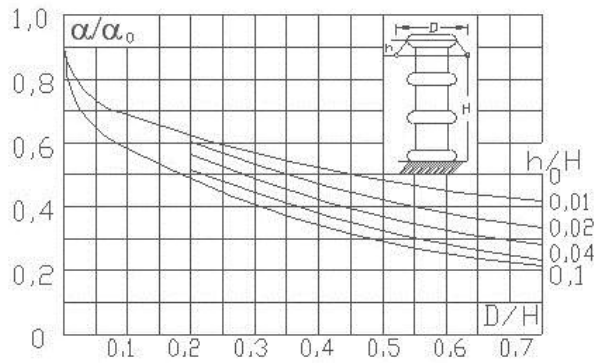
$$A_1 \approx \frac{\alpha(1 - e^{-\gamma})}{2(\alpha + \beta) \cdot \operatorname{sh} \gamma n} \quad (7.3.21)$$

n -ин буюцк гиймятляри цчцн, $e^{\gamma n} \approx 2$ сцц γn олдуьундан, (7.3.20) тянлийини дя шесабат цчцн ялверишли шякиля эятирмяк олар:

$$U_n \approx A_1 \cdot e^{\gamma n} = \frac{\alpha(1 - e^{-\gamma}) \cdot e^{\gamma n}}{2(\alpha + \beta) \cdot \operatorname{sh} \gamma n} = \frac{\alpha(1 - e^{-\gamma})}{\alpha + \beta} \quad (7.3.22)$$

Тахма izolyatorlari үчүн $\alpha=0,2$ вэ $\beta=0,02$; çubuq şekilli dayaq izolyatorlarından üçayaqlı sütunlar үчүн $\alpha=0,60$, $\beta=0,05$ götürülür. Тэтбиг

edilən toroidal mühafizə ekranları izolyator sütununda gərginliyin paylanmasını bərabərləşdirir. Bu zaman α , β əmsalları azalır. Tədqiqatlar göstərir ki, əmsallar üçün $\alpha = f\left(\frac{D}{H}, \frac{h}{H}\right)$, $\beta = f_1\left(\frac{h}{H}\right)$ funksional asılılıqları yazıla bilər. İfadələrdə D -ekranın diametri, H -sütunun hündürlüyü, h -ekran müstəvisilə izolyator sütunun üst hissəsi arasındakı məsafədir şəkl.7.3.11.

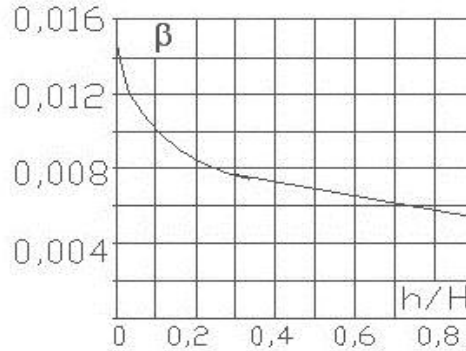


Şəkl.7.3.11. α/α_0 parametrlərinin D/H və h/H nisbətlərindən asılılıqları, α - ekranlı, α_0 -ekran olmadığı halda tutumların nisbətidir.

35 kV 7 ədəd, xarici tip taxma dayaq (TDX-35, Rusca OHIII-35) izolyatorundan ibarət izolyator sütununda gərginlik hesabına baxaq. İzolyator sütunu diametri 0,8 m olan toroidlə ekranlaşdırılmışdır. Əgər ekran olmasa idi ən üstündə (yuxarıda) olan 7-ci izolyatora düşən gərginlik:-

$$U_7 \approx \frac{\alpha}{\alpha + \beta} (1 - e^{-\gamma}) \text{ olar. Taxma dayaq iaolyatorları üçün yuxarıda } \alpha, \beta\text{-nın}$$

qiymətlərini nəzərə aldıqda $\gamma \approx \sqrt{0,2 + 0,02} = 0,469$ olar. Ona görə, $U_7 = 0,2 \cdot (1 - e^{-0,469}) / 0,22 = 0,341$. Bu izolyatorun quru boşalma sınaq gərginliyi DÜİST 1516-2, 155 kV olduğundan, yerinə görə sütun gərginliyi üçün $U_{qb} \geq 155 / 0,341 = 455 \text{ kV}$ alınır.



Şək.7.3.12. β parametrinin h/H nisbətindən asılılıq əyrisi

Ekran olduğu halda $D/H=0,8/2,8=0,286$ və $h/H=0,4/2,8=0,143$ nisbətləri hesablanmışdır. Şək.7.3.11 və şək.7.3.12- əyriələrindən $\alpha/\alpha_0=0,35$ və $\beta=0,0085$ parametrləri tapılır. Onda $\alpha=0,35 \cdot 0,2=0,07$ və $\gamma = \sqrt{\alpha + \beta} = \sqrt{0,07 + 0,0085} = \sqrt{0,0785} = 0,278$. Hesablanmış ifadələrə əsasən 7-ci izolyatorun payına düşən gərginlik hesablanır:

$$U_7 = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} (1 - e^{-\gamma}) = \frac{0,07}{0,0785} (1 - e^{-0,278}) = 0,224. \text{ Quru boşalma sınaq}$$

gərginliyi tətbiq edildikdə həmin izolyatora düşən gərginlik isə

$$U_{qb7} = \frac{155}{0,224} = 690 \text{ kV olacaqdır. Toroid müstəvisindən izolyator sütununun}$$

alt nöqtəsinə qədər olan məsafə $2,8-0,4=2,4 \text{ m-dir}$. Bu məsafədə havanın boşalma gərginliyi $670 < 690 \text{ kV olduğundan ekran doğru hesablandığını sübut olunur}$.

8. TORPAQLAMA SİSTEMLƏRİ

8.1. Sənaye tezlikli və impuls rejimlərində torpaqlayıcıların analizi

Torpaqlanma elektrik şəbəkələri, stansiya və yarımsansiyaların çox sadə lakin vacib qurğularından biridir. Əhəmiyyətinə görə torpaqlama üç yerə bölünür:-işçi torpaqlama, təhlükəsizlik-mühafizə torpaqlaması, ildırım mühafizə torpaqlaması. Konstruksiyasına görə onların əsas işçi elementləri torpağa vurulmuş metal borular və ya bütöv en kəsiyi olan yuvarlaq və ya künclük olur. Onlara torpaqlanma elektrodları deyilir. EVHX-də və digər elektrotexniki qurğularda torpaqlayıcı qurğular əsasən işçi, mühafizə və ildırım impuls cərəyanların yerə ötürülməsi üçün istifadə edilir. EQQQ-yə görə 330-500 kV elektrik ötürücü xətlərdə mühafizə torpaqlanması böyük QQ

cərəyanlarına aid edilmir. Bu onunla izah edilir ki, onlarda rele mühafizəsi 0,12-0,5 san müddətində açılma edir və insanların gərginliyə düşmə ehtimalı azalır. İldırım mühafizə ilə yanaşı EVX torpaqlama qurğuları həm də rele mühafizəsinin işini təmin etməlidir. Bu məsələnin həllində torpağın xüsusi müqavimətinin ρ böyük qiymətləri (300-500 Om·m) torpaqlayıcı elektrodların sayını 3-4 dəfə artırır. Torpaqlayıcı qurğuların ümumi müqaviməti üfüqi metal keçiricilər, şaquli torpaqlayıcı elektrodlar və torpağa ötürülən cərəyana quruntun göstərdiyi müqavimətlərin cəmindən ibarət olur. Torpaqlayıcının potensialının ötürülən cərəyana nisbəti torpaqlayıcının axın müqaviməti adlanır $R_{\text{tor}} = U_{\text{tor}}/I_{\text{tor}}$

Torpaqlanma sisteminin hesablatları n sayda birləşmiş, tək şaquli, çubuq şəkilli torpaqlama elektrod müqavimətlərinin paralel cəmi kimi təyin edilir. Bir elektrod üçün: $R_{\text{üm}} = R_t/n$.

$$R_t = \frac{\rho}{2\pi \ell} \cdot \ln \frac{4\ell(2t + \ell)}{d(4t + \ell)} \quad (8.1.1)$$

Dəmir-beton özüllərin təşkil etdiyi torpaqlanma müqaviməti:

$$R_t = \frac{1,7\rho}{2\pi t} \cdot \ln \frac{4t}{b} \quad (8.1.2)$$

Horizontal torpaqlanma zolağının müqaviməti:

$$R_t = \frac{\rho}{\pi \ell} \cdot \ln \frac{1,5\ell}{\sqrt{bt}} \quad (8.1.3)$$

Xüsusi müqavimət ρ torpağın cinsindən və ilin mövsümündən asılı olaraq dəyişir. Lakin torpağın 2.5 mt dərinliyində müqavimətin qiyməti sabit olduğundan, torpaqlayıcının ümumi müqaviməti də dəyişmir. Lakin mövsüm əmsalı ölçülən müqavimətin hecabat qiymətini aşağıdakı kimi dəyişdirir:

$$\rho = K \cdot \rho_{\text{ölç}}$$

burada K - mövsüm əmsalı, $\rho_{\text{ölç}}$ - quruntun ölçülən xüsusi müqavimətidir. Əgər ölçmələr normal nəmlik şəraitində aparılırsa, $K=1.4$; yüksək nəmlik şəraitində aparılırsa, $K=2.6$ olaraq qəbul edilir. Bir sıra quruntlarda torpağın xüsusi müqavimətləri aşağıdakı qiymətlərdə olur:

Qayalıq yerlər - 1000 Om·m; Qum – 500 Om·m; Gil – 60 Om·m; Qara torpaq - 50 Om·m; Çay suyu- 10-30 Om·m; Dəniz suyu – 1-10 Om·m.

Böyük impuls cərəyanları, ildırım impulsları təsir etdikdə, torpaqlayıcı elektrodlardan keçən cərəyanın sıxlığı çox böyük olur. Ona görə elektrodların səthinə yaxın torpaq sahəsində yüksək ESG meydana çıxır: $E=J\rho$. Elektrodların ətrafında qığılcımlı zona yaranır. Torpağın elektrik deşilməsi elektrodun ətrafında keçiricilik açılması və onun ölçülərinin böyüməsi kimi effekt yaradır. Bu zaman torpaqlama müqaviməti azalır.

İmpuls rejimində cərəyanın sürətli artımı onun cəbhəsində torpaqlayıcı elektrodun induktiv müqavimətini artırır. İnduktiv müqavimət isə torpaqlayıcı

elektroddan ətrafa ötürülən cərəyanı məhdudlaşdırır. İmpuls rejimində torpağın dərinliyində qığılcımlı boşalmalar hesabına aktiv müqavimətin azalması və əksinə, torpaqlayıcının induktiv müqavimətinin artması ilə əks effekt yaranır. Hər iki səbəbdən meydana çıxan impuls müqavimətinin R_{imp} dəyişməsi, torpaqlayıcının 50 Hs tezlikdə malik olduğu (8.1.1), (8.1.2) və (8.1.3) ifadələri ilə hesablanan normal R müqavimətindən kiçik olur.

İmpuls torpaqlama müqavimətinin stasionar torpaqlanma müqavimətinə olan nisbəti *impuls əmsali* adlanır:

$$\alpha_{imp} = R_{imp} / R. \quad (8.1.4)$$

Tutaq ki, dərinliyi $t=0$ olan şaquli elektrddan torpağa axan cərəyan \dot{I} dir. Torpaqlayıcı elektrdodan ildırım impuls cərəyanı \dot{I}_{ild} keçdikdə, onlarda yaranan yüksək cərəyan sıxlığı- $J = \dot{I}_{ild} / (2\pi r \cdot l)$, elektrodların səthində böyük elektrik sahə gərginliyinə (ESG) səbəb olur:- $E = J \cdot \rho$. Bu ESG-yi isə, torpaqlayıcının yaxınlığında qruntun deşilməsinə səbəb olur.

Elektrodlar ətrafında qığılcımlar yaranır. Nəticədə onların effektiv ölçüləri artmış, torpaqlanma müqaviməti isə azalmış olur. Lakin ildırım impulsunun cəbhə hissəsində cərəyanın kəskin artması, torpaqlayıcıda paylanmış xarakterli induktivliyin yaranmasına səbəb olduğundan onların səthindən ətrafa ötürülən cərəyan azalır, nəticədə isə müqavimət artır.

Torpaqlayıcı elektrodun torpaqla kontakt edən səthi yaxınlığında r_{qz} radiuslu qığılcımlı boşalma zonası yaranır. Həmin ətrafdakı ESG, şəx.8.1.1 –də göstərilirdiyi kimi təyin edilir:

$$E_{des} = J\rho = \frac{I}{2\pi r_{qz} \ell} \cdot \rho \quad (8.1.5)$$

(8.1.5) – dən qövs zonasının radiusu üçün aşağıdakı ifadə yazılır:

$$r_{qz} = \frac{I\rho}{2\pi \ell E_{des}} \quad (8.1.6)$$

Ətrafında qığılcım zonası yaranan torpaqlama elektrodu, radiusu genişlənmiş elektrod kimi hesablandığından aşağıdakı impuls müqavimətinə malik olurlar:

$$R_i = \frac{\rho}{2\pi \ell} \ln \frac{2\ell}{r_{qz}} = \frac{\rho}{2\pi \ell} \ln \frac{4\pi \ell^2 E_{des}}{I\rho} \quad (8.1.7)$$

$$\alpha_i = \frac{\ln(4\pi \ell^2 E_{des} / I\rho)}{\ln \frac{2\ell}{r}}. \quad (8.1.8)$$



Şək.8.1.1 Şaquli elektrodun ətrafında, torpağın dərinliyində yaranan qığılcımlı zona

Torpağın xüsusi müqaviməti və ildırım cərəyanı nə qədər çox olarsa, torpaqlayıcıların impuls müqaviməti bir o qədər az olur. Onun tərs qiyməti qrunnun axın keçiriciliyi adlanır. Cərəyan əsasən torpaqlayıcının aşağı 1/3 hissəsindən bütün istiqamətlərdə yayılır. Torpaqlayıcıdan yayılan cərəyan torpağın müəyyən həcminə yayılır. Bu zaman torpaqlayıcıya yaxın olan sahələrdə cərəyanın sıxlığı daha çox olur.

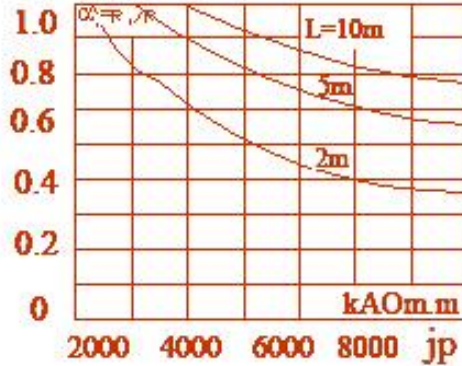
Torpaqlayıcının növləri	Torpaqlayıcıların quruluşu	Torpaqlayıcıların hesabları
Horizontal sız elektrod		$R_x = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{l}{2t} \right)$
Borusəkilli elektrod		$R_{rp} = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{2t + \frac{l}{2}}{2t - \frac{l}{2}} \right)$
Qayuya salınan şaquli elektrod		$R_{p-v} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$

Torpaqlayıcıdan 40-50 m məsafədə cərəyanın qiyməti sıfır yaxınlaşır. Torpaqlayıcının müqaviməti qrunnun xüsusi müqavimətilə düz, onun uzunluğu ilə tərs münasibdir. Misal üçün yarımkürəvi torpaqlayıcınının 50 Hs-li cərəyana göstərdiyi müqavimətin hesabı şəkil 8.1.1-yə əsasən aşağıdakı kimi ifadə edilir:-yarımkürə həcmində qrunnun elementar hissəsindəki ekvipotensial səthlər arasındakı dR müqaviməti, torpaqlayıcının mərkəzindən r_0 və r_0+dr_0 məsafələrdə aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$dR = \rho \frac{dr_0}{2\pi r_0}$$

Bu həcmdə torpağın bütün müqaviməti :

$$R = \int_{r_0}^{\infty} dR = \int_{r_0}^{\infty} \rho \frac{dr_0}{2\pi r_0^2} = \frac{\rho}{2\pi r_0}$$



Şəl.8.1.2.İmpuls müqavimətinin J_p hasilindən asılılığı

Uzun müddətli təcrübələr nəticəsində müəyyən S sahəsini əhatə edən torpaqlayıcı konturun müqavimətinin empirik ifadəsi tapılmışdır. Vertikal və horizontal elektrodlarla tikilmiş torpaqlama konturunun tam müqaviməti:

$$R_t = \rho \cdot \left(\frac{A}{\sqrt{S}} + \frac{1}{L + n \cdot \ell} \right) \quad (8.1.10)$$

burada ρ -qruntun xüsusi müqaviməti, L – bütün horizontal elektrodların cəm uzunluğu, ℓ -vertikal elektrodun birinin uzunluğu, n - onların sayıdır.

A əmsalı I/\sqrt{S} -dən asılaraq, müxtəlif qiymətlər alır:

$L/\sqrt{S} - \dots$	0	0,05	0,1	0,2	0,5
$A \dots$	0,44	0,40	0,37	0,33	0,26

Göründüyü kimi torpaqlanma müqavimətinin hesablarında qruntun xüsusi müqavimətləri, torpaqlayıcıların ölçüləri, yer səthindən olan dərinlik və s. kimi parametrlər nəzərə alınır.

Stansiya və yarımstansiya torpaqlayıcı konturların toplam müqaviməti 10-15 Om arasında olmalıdır. $EQQQ$ görə 110 kV və yüksək gərginlikli şəbəkələrdə torpaqlama 0.5 Om -a qədər, 1000 V-a qədər 4 Om olur. Yerli birləşmə cərəyanlarının qiymətindən asılı olaraq, neytralı izoləli şəbəkələrdə müqavimətin buraxıla bilən qiymətləri aşağıdakı formula ilə hesablanır:

$$R_{bb} \leq 250/I$$

burada I tutum cərəyanı olub, aşağıdakı kimi hesablanır: $-I = U \cdot (35l_k + l_{hx})/350$; l_k və l_{hx} -uyğun olaraq kabel və hava xəttlərinin uzunluqları, U -xəttin gərginliyidir, kV-la qəbul edilməlidir. Bu halda P_{bb} -nin maksimal qiymətini 10 Om-dan çox götürmək olmaz.

Tutum cərəyanı kompensasiya edilən şəbəkələrdə I cərəyanı kompensasiya edici qurğuların cərəyanından 1,25 dəfə çox götürülür.

Torpaqlayıcı qurğular istismara verildikdə onlara aid texniki sənədlər, təhvil-təslim sənədlərinin protokolları sınaq normalarına uyğun vəziyyətdə istismarçı müəssisəyə verilir.

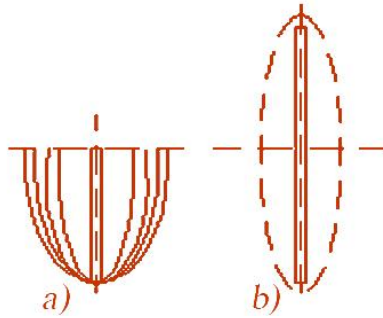
Torpaqlayıcıların müqaviməti MC-08 tipli sabit cərəyan cihazı ilə ölçülür. Ölçülər biri-birindən 10 m aralı yerə çalınmış köməkçi elektrodlar vasitəsilə aparılır. Torpaqlanma müqaviməti alınmış gərginlik və cərəyanların nisbətindən tapılır. Hazırda müasir elektron tipli müqavimət ölçən cihazlar tətbiq edilir. Торпаглама юлчц-нязарят сьнақлағы ашаыыдакы һасмдә мұхтәлиф үсұлларла апарылыр: - *torpaqlayıcı qurğularının yoxlanılması*; bu mərhələdə baxılması mümkün olan elementlərin hamısına vizual baxış keçirilir. *Torpaqlayıcılar və torpaqlanan qurğular arasında dövrənin yoxlanması*; burada məftillərin sıx kontaktla etibarlı birləşmələri, sıfırlama və torpaqlama nüqtələrinin bağlantı yerlərinin vəziyyəti yoxlanılır. *1 kV-a qədər olan elektrotexniki qurğularda deyilən qoruyucuların olması* və onların vəziyyəti yoxlanılır. Qoruyucular gərginlik sinfinə uyğun olmalıdırlar. *Bir başa torpaqlanmış 1 kV-a qədər olan qurğularda faza-sıfır dövrəsinin yoxlanması*:—yoxlama xüsusi cihazla, gövdəyə vuran qısa qapanma cərəyanının ölçülməsi ilə aparılır.

8.1.2. Torpaqlayıcıların elektrik sahəsinə görə hesabları

Torpaqlayıcılardan işçi və ya qəza cərəyanı I_{qq} keçərkən gərginlik düşküsi yaranır. QQ cərəyanı üçün bu gərginlik $U_{tor} = I_{qq} \cdot R_{tor}$ –a bərabər olur. Torpaqlayıcının aktiv iş prosesində hesabı, borunun hündürlüyü üzrə cərəyanın qeyri bərabər paylanmasına uyğun aparılır. Cərəyan torpaqlayıcının ətrafında meydana çıxan elektrik sahəsindən yaranır.

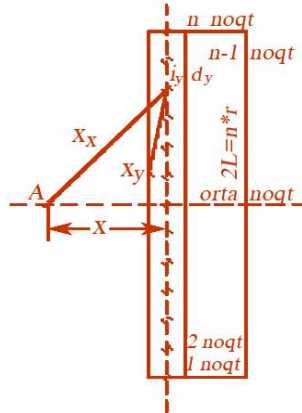
Bircinsli torpaqda torpaqlayıcının elektrik sahəsi səlissə paylanır şək.8.1.4a. Torpağın səthində elektrik sahə gərginliyi və onun yaratdığı cərəyan, toxunan istiqamətdə keçir. Çünki torpaq-hava sərhəddinə cərəyan keçmir. Torpaq-hava mühiti sərhəddində elektrik sahəsi təsvir metodu ilə təyin edilir. Cərəyan keçməyən sərhəddə təsvirin işarəsi torpaqlayıcıdan keçən əsas cərəyanın istiqamətində götürülür şək.8.1.4 b. Bu şərt $E_n = 0$ və $E = E_t$ olduğunu göstərir. Burada E – ESG, E_n və E_t uyğun olaraq, normal və tangensial elektrik sahə gərginlikləridir.

Şək.8.1.4 b) göründüyü kimi, torpaqlayıcının ESG-in hesabı onun iki qat uzunluğu üçün aparılır. Burada sadəlik üçün torpaqlayıcı borunun xüsusi müqaviməti sabit ρ_t olan torpaqda qəbul edilir.



Şək. 8.1.4. Bircinsli qruntda torpaqlayıcının elektrik sahəsinin təsviri a) torpaqlayıcının elektrik sahəsi, b) torpaq-hava sərhəddində elektrik sahəsi

Borunun səthi boyu torpağa yayılan cərəyan ədədi integral üsulu ilə hesablanır. Tutaq ki r radiuslu, l uzunluqlu olan torpaqlayıcı boru verilmişdir. Hesabat sxemi torpağın altı və üstündə $2l$ ölçüsündə götürülür. Elektrik sahəsinin həm y , həm də x oxu üzrə simmetrik olduğunu qəbul edək şək.8.1.5.



Şək.8.1.5. Boru şəkilli torpaqlayıcının elektrik hesabat sxemi

Металын кечирижилийи торпабын кечирижилийндян 10^6 - 10^7 дяфя буйцк олдуьундан торпаглайыжы эквипотенциал сятц кими гябул едилир. Торпаглайыжынын жряйянынын онун симметрийа охундан йеря ахдыьыны гябул етдикдя ихтийари нюгтядяки сятци эярэинлик цццн ашаьыдакы ифадяни йазмаг олар:

$$\frac{\rho}{4\pi} \cdot \int_{2l} \frac{i_y dy}{x_y} = u \quad (8.1.11)$$

бурада $u_{\dot{y}}$ –торпаглайыжынын оху бойу йайылан жряйянын сыхлыьы, $x_{\dot{y}}$ – $u_{\dot{y}}$ жряйяны кечян сятцдян $d\dot{y}$ узунлуглу элемента гядяр олан мясафя, x_x –щямин нюгтядян торпабын А нюгтясиня гядяр олан мясафя, y – торпаглайыжынын эквипотенциал сятцинин эярэинлийидир. Торпаьа

йайылан u_n жярйяаны торпаглайыжынын сятщи цзря еля пайланмалыдыр ки, торпаглайыжынын сятщиндя бцтцн нюгтялярдя эярэинлик ейни олсун (8.1.11).

(8.1.11) тэнлиийин i_y -ә гөрә һәлли, һәр һансы kvadratur formula ilə sonlu сәм шәкилиндә апарılır:

$$\oint_{2\ell} f(x)dx = \sum_{i=1}^n A_i \cdot f(x_i) \quad (8.1.12)$$

burada A_i -kvadratur ifadəләrdә impuls әmsalları, $f(x_i)$ –addım nöqtәlərində inteqralaltı funksiyanın qiymәtlәridir. Hesabatlar үçün torpaqlayıcının sәthində n sayda hesabat nöqtәləri seçilir. Onlara uyğun olaraq, simmetriya oxunda inteqral addımı kimi dy sayda бәрәбәр аралыqlar гөтүрүлүр. Аарлыqlarda сәрәяанларын sıxлығи i_1, i_2, \dots, i_n olacaqdır. Sonra hesabat sxeminә гөрә, һәр bir nöqtә үçün (8.1.11) və (8.1.12) тәнликләринин әдәди sıрасы qurulur. Nәticәдә n тәrtibli хәtti тәнликләр sistemi alınır. Bu сәбри тәнликләр sistemini һәлл etdikдә, borunun sәthi boyu yayılan i_1, i_2, \dots, i_n сәрәяанлары tapılır. İnteqral hesablamа апармаqlа torpaqlayıcının digәр parametrlәri тәyin edilir. R_r -torpaqlayıcının sәthində yayılan сәрәяана гөstәrilән müqavimәt, potensialın tam сәрәяана nisbәti kimi тәyin edilir:

$$R_{tor} = \frac{U}{I_{tam}} = \frac{U}{\oint_{2\ell} i_y dy} = \frac{U}{\sum_{k=1}^n A_k \cdot i_k} \quad (8.1.13)$$

$2l$ uzunluqlu torpaqlayıcının müqavimәti үçün $R_{tam} = 2 \cdot R_{tor}$ olur.

Addım гәргинлиийинин hesablanması analogi olaraq x oxu üzrә yer sәthində müxtәlif nöqtәләrdә апарılır. X oxu üzrә ixtiyari nöqtәдәki potensial ашағидаки kimi hesablanır:

$$\frac{\rho}{4\pi} \oint_{2\ell} \frac{i_y dy}{x_x} = u_x \quad (8.1.14)$$

burada x_x - x oxu üzәrindəki A nöqtәsilә, i_y sıxlyqlı сәрәяаны olan dy elementi arasındаки мәsafәdir. İnteqralda addım nöqtәlərinin sayı və uyğun сәрәяанларын işarәləri $l \div 13$ arasında, uzunluqlа radiusun nisbәti $l/r = 18$ гөtүrүldüyündән, $N = 36$ olar. Elektrik sahәsi x oxuna nәzәрән simmetrik olduğundan, simmetrik nöqtәләrdән yerә axan сәрәяанлар da бәрәбәр olar:- $i_1 = i_{13}$, $i_2 = i_{12}$, $i_3 = i_{11}$, ..., $i_6 = i_8$.

İndi isә, тәнликләрин тәrtib edilmәsinә trapeslәр formulasını тәtbiq edәk. Bu halda A әmsalları: $A_1 = A_n = h/2$ və $A_2 = A_3 = \dots = A_{n-1} = h$ kimi тәyin edilir. Burada h inteqrallama addımı, n -diskret сәмләмә nöqtәlərinin sayıdır. Bizim halda, $h = 3r$; $n = 13$; yer sәthindən ашағи və yuxarı 6 parça гөtүrүлүр. Тәнликләрин тәrtibatı torpaqlayıcının sәthində olan nöqtәләrlә onun oxunda yerләшән nöqtәләр arasındаки x_{ik} və һәmin nöqtәләrlә A nöqtәsi arasındаки x_{Ak}

məsafələri təyin edilir. Qalan 6 nöqtə üçün də analogi olaraq cəbri tənliklər qurulur. İndekslərdə i – torpaqlayıcının səthindəki nöqtələrin, k isə ox üzərində olan nöqtənin nömrəsidir. $4\pi/\rho$ əmsalını (8.1.5) tənliyinin sağ tərəfinə keçirərək 1 nöqtəsi üçün (8.1.12) və (8.1.14) tənliklərinə əsasən yazmaq olar:

$$\begin{aligned} & i_1 \frac{1,5r}{r} + i_2 \frac{3r}{3,16r} + i_3 \frac{3r}{6,08r} + i_4 \frac{3r}{9,05r} + i_5 \frac{3r}{12,04} + i_6 \frac{3r}{15r} + i_7 \frac{3r}{18r} + i_8 \frac{3r}{21r} + \\ & + i_9 \frac{3r}{24r} + i_{10} \frac{3r}{27r} + i_{11} \frac{3r}{30r} + i_{12} \frac{3r}{33r} + i_{13} \frac{3r}{36r} = u \cdot \frac{4\pi}{\rho} = 1,5417i_1 + 1,0396i_2 + \\ & + 0,593i_3 + 0,4423i_4 + 0,374i_5 + 0,342i_6 + 0,1666i_7. \end{aligned} \quad (8.1.5)$$

Göründüyü kimi, səthin hər nöqtəsi üçün 13 addımda hesabat aparılır. Qurulan ədədi matrisanın baş diaqonalının ətrafında hər iki tərəfdə simmetrik rəqəmlər olması, onun düzgün hesabətını göstərir. x_{ik} məsafələri hesablandıqdan sonra, uyğun A_i əmsallarını x_{ik} -lərə bölərək oxşar indeksli cərəyan hədlərini toplayırlar. Bu yolla alınmış 7 tərtibli cəbri tənliklər sistemindən, 7 nöqtədən torpağa yayılan cərəyanlar hesablanır. Cərəyanların müxtəlif nöqtələrdə xətti sıxlığı ilə torpaqlayıcıdan yerə axan tam cərəyan hesablanır:

$$I_{tam} = 2 \int_{\ell} i_y \cdot dy = 2 \sum_{k=1}^7 A_k \cdot i_k \quad (8.1.16)$$

(8.1.7) tənliyindən тянлийиндянь торпаглайыжынын мцгавимяти щесабланьр. Торпаглайыжынын бу усулла щесабланмыш гиймяти (8.1.1) ифадясиня ясаянь щесабалнмыш мцгавимятин гиймятиндянь кичик алыньр. Бунун сябяби торпаглайыжынын актив олдуьу щалда мцгавимятинин азалмасыдыр. Лакин бурада импульс реьими цццн олан мцгавимятлярин щесабатлары нязря алынмамышдыр.

9. ЩАВА ХЯТТЛЯРИНДЯ ЙАРАНАН ГЫСА ГАПАНМА ИФРАТ ЭЯРЭИНЛИКЛЯРИ

9.1.1. Гыьылсымын гювс бошалмасына кечмя шярти

Яэрь щава хятти изолйасийасында гыьылжым гыса мцддятли импульс эярэинлийи нятижясиндя баш веряряся, о гювсля гапанмайя кечмяйя дя биляр. Ццнки гыьылжымын гювс гапанмасына кечмяси цццн кифайят гядяр йцксяк эярэинлик градиенти, електрик сащя эярэинлийи вя бошалманын формалашма мцддяти лязымдыр.

Лабораторийа вя истисмар тяжрцбяляриня эюря, илдырымын импульс гыьылжымындан, эщжлц гювс гапанмасына кечид просеси цццн

щесабатлар апармаг мцмкцндцр. Бу щесабатларда ещтимал ямсалы η иля ишаря едилцр. Эярэинлийи 110-220 кВ олан метал дайагларда чякилмиш щава хятляриндя $\eta=0,7$, ишчи эярэинлик градиенти буюцк олан даща йцксяк эярэинликли хяттлярдя ися, $\eta=1$ эютцрцлцр. Изолйасийа хцсусиййяти истифадя едилян аьаж дайагларда ися ашаьыдакы кими щесабат апарылыр:

$$\eta = (1,6 \cdot E_{op} - 6) \cdot 10^{-2} \quad (9.1.1)$$

бурада E_{op} —фарфор вя аьажын жям бошалма мясафяси цзря 1 мт узунлуьа дцщян орта эярэинлик градиентидир, кВ/м.

Мясяля: П шыкилли аьаж дирякдя чякилмиш 35 кВ-луг щава хяттиндя гьыьлжымын фазлар арасы гювс гапанмасына кечмяси ещтималыны - η тямин едян критик эярэинлик градиентинин щесабланмасы:

Верилир:-гирлйанда зянжирясинин 2 яяд нимчя шыкилли П- 4,5 типли (йени маркасы ПФ-6) изолйатордан олмасы вя фазлар арасы мясафянин 3 м тяшкил етмяси.

Щялли: Импулс гапанмасынын йолу ики изолйасийа зянжири вя траверсдян кечир. Изолйасийа зянжиринин узунлуьу $2 \cdot 2 \cdot 0,17 = 0,68$ м дир. Траверсин узунлуьу 3 метра бярабярдир. Електрик хяттиндя номинал эярэинлийин олдуьуну гябул едяряк фазлар арасы гапанмада эярэинлийин

ишчи градиентини щесабламаг олар:
$$E = \frac{35}{0,68 + 3} = 9,5 \text{ кВ/м}$$

(9.1.1) формуласына ясаян фазлар арасы гювс гапанмасынын ещтималы ашаьыдакы кими щесабланыр: $\eta = (1,6 \cdot 9,5 - 6) 10^{-2} \approx 0,1$.

Демяли, П шыкилли аьаж дайагларда чякилмиш 35 кВ-луг електрик верилиш хятляриндя фазлар арасы гювс гапанмаларынын ещтималы чох аздыр. Ейни щесабатлары изолйатор зянжириндя 6 изолйатору олан вя фазлар арасы мясафяси 4 м олан 110 кВ-луг електрик верилиш хятляри цццн апарсаг, илдырым импулсунун тсясири иля гювс гапанмасынын йаранма ещтималы $\eta=0,25$ олар.

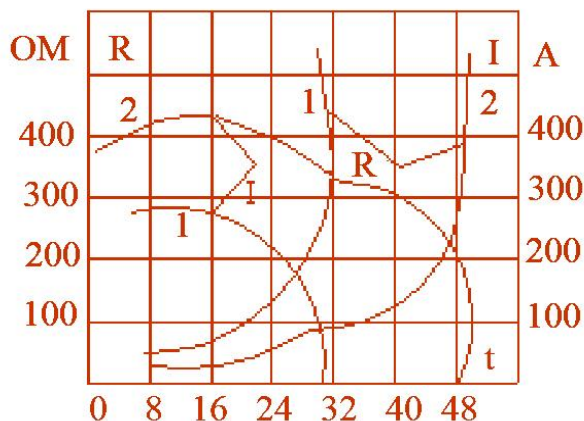
Бир чох щалларда илдырым импулслары аьаж дайагларын чиликлянмясиня вя даьылмасына сябяб олур. Дайагларын чиликлянмясинин сябябини импулс бошалмасы нятижясиндя сцрятли бухарланма вя зярбя тязйигинин олмасы иля изащ едирляр. Аьажын чиликлянмясинин дизяр изащы ися электростатик цввялярин тсясири иля аьажын лифляри арасында буюцк импулс жярйяанынын кечмясидир. Аьажын чиликлянмяси нятисясиндя гьыьлжым каналы сойудан интенсив цфцрмя, баш верир ки, бу да η ямсалыны азалдыр. Она эюря, хяттлярдя тез-тез чиликлянмиш аьаж дирякляря раст эялмяк олур. Беля дайаг элементляринин олмасы хяттлярдя чох арзу олунмаз щалдыр, чццнки

онларын хятт мяфтиллари гырылыб йеря дцщр вя аьыр гыса гапанма гызаларына сябяб олур.

9.1.2. Електрик хяттляриндя йаранан гювсцн юз-юзцня сюнмя шяртляри

Яэяр йаранан гювс гярарлашмыш оларса, хяттин автоматик ачылмасына гядяр давам едя биляр. Гювсцн дартылмасы вя йолунун узанмасы онун сюнмясиня сябяб олур. Ачыг гювслярин дартылма нятижясиндя сюнмясинин сябяби, онларын юзйиндя эярэинлик градиентинин мцяййян критик гиймятя гядяр азалмасыдыр. Илкин гювс узунлууу каналын истигамяти иля тйин едилер. Сонра санийянин йцздя бириндя гювс електромагнит гцввяляринин тясери иля мцхтялиф будагланмалар шякилиндя бурулараг инкишаф едир. Бу заман електромагнит тясери вя гювсцн йайылдыьы каналын формасына уйбун шякилдя гювс даралыр, эенишлянир вя йа винтвари трайекторийалара дцщр. Щаванын гызмасы иля йаранан конвексийа гцввяляринин вя кцляйин тясери иля гювс юзйи даща чох дартылыр.

Гювс дартылдыгжа онун мцгавимяти чохалыр, гювс жярйяаны азалыр. Щялялик мцяййян узунлугда эярэинлик градиенти $E=U/L_{гювс}$ кими тйин едилер, сонра ися градиент кичик бир $E_{кр}$ -гиймятиня чатыр гювсцн електрик мцгавимяти даща чох артыр вя гырылыр. Гыса гапанма йериндя илкин гювсцн узунлууу чох вя йаранан гювс жярйяаны аз олдугжа, гювсцн гырылма просеси даща сцрятли эедир. Шякил 9.1.1-дя аьаж дайагда чякилмиш 110 кВ-луг електрик верилиш хятляриндя мяфтилля торпаг аралыьында йаранан гювсцн мцгавимяти- P вя жярйяанынын- I , дйишмя яйриляри верилмишдир [12].



Шяк.9.1.1. Абсис охунда сянайе тезликли жярйяанларын периодлары эюстярилир(1-48 арасында). Аьаж дайагда, 110 кВ EBX-дя йаранмыш,

*юз-юзця сюнян ачыг гювсцн мцгавимят-Р вя жярйяанынын-И-замана
эюра дйшшмя яйриси*

Бу шяртлярдя гювсцн юз-юзця сюнмя мцддяти, гыса гапанма жярйяанынын 200-800 А шядляриндя, 10-80 сянайе периодунда вя йа 0.2—1.6 сан. мцддятиндя баш верир. Бу мцддят, бир гайда олараг, хяттин автоматик ачылма мцддятиндян буюцк олур. Она эюра, ачыг гювсцн юз-юзця сюнмяси кичик гыса гапанма жярйяанлары вя йа гювсцн дартыб узада билиян, чох эцжлц кцлякляр олмасы шалларында мцмкцндцр.

*Гювсцн юз-юзця сюнмясини тямин едян минимал жярйяанлар
Жядвял 9.1.1*

<i>Електрик верилиш цава ЩХ-нин номинал эярэинлийи, кВ</i>	<i>Гювсцн сюнмяси ццн жярйяанын минимал гиймятиляри, А</i>
35	10
15-20	15
10	20
6	30

Qövs cərəyanları az olduqda şəbəkədə QQ öz-özünə sönr. 6-35 kV şəbəkələrdə tutum cərəyanlarının qövsün öz-özünə sönməsi üçün olan minimal qiymətləri məlumdur. Cədvəl 9.1.1-də o qiymətlər verilmişdir. Neytralin izolə edilməsi səbəbilə yalnız 35 kV gərginliklərə qədər olan şəbəkələrdə bu mümkünüdür. Belə şəbəkələrdə işçi gərginlik gradienti də böyük olmur. Bırfazlı QQ cərəyanları da kiçik olur və qövs qısa müddətdə sönr.

*9.1.3. Neytralı izolə edilmiş şəbəkələrdə qövs qapanmaları Qövs
söndürücü sarğacların təsiri*

Xətlərdə baş verən bırfazlı və çox fazlı QQ qövs və metallik qapanmalara bölünür. Metallik QQ daha kiçik kontakt müqavimətinə malik olur. Elektrik ötürücü hava xətlərində qısa qapanmaların analizi, onlarda neytralin iş rejimlərinə əsasən aparılmalıdır.

Son zamanlar enerji sistemlərində güclərin artımı və paylaşdırıcı şəbəkələrin sürətli inkişafı QQ cərəyanlarının artmasına səbəb olmuşdur. QQ cərəyanları kritik qiymətləri aşdığından açar və ayırıcıların açma qabiliyyəti, yetrəsiz olmuşdur. Ona görə belə şəbəkələrdə avadanlıqların artan gücə uyğun olaraq dəyişdirilməsi və ya QQ cərəyanlarının məhdudlaşdırılması lazım gəlir. Avadanlığın dəyişdirilməsi böyük xərclər və çoxlu zaman tələb edir, enerji təchizatında fasilələr yaranır, şəbəkənin etibarlılığı azalır. Güc artımı olduqda açar yenə dəyişdirilməli olur. Ona görə bu hallarda avadanlığı dəyişdirməkdənsə QQ cərəyanlarının azaldılması uyğun görülür. Bu işə qövssöndürücü və ya cərəyan məhdudlaşdırıcı reaktorlar vasitəsilə həyata keçirilir.

35 kV-a qədər şəbəkələrdə, neytralı izolə edilmiş rejimlər və ya rezonans torpaqlanma qaydasında, neytralında qövs söndürücü induktiv sarğaçları olan reaktorlar qoşulmuş sxemlər tətbiq edilir şəkl.9.1.2 və 9.1.3.

Avropa və Amerikada transformatorların yüksək gərginlik dolaqlarının orta nöqtəsi dəyişən aktiv müqavimətlə (20-800 Om) torpaqlanır. Mühafizə qurğuları isə:- 3 ədəd cərəyan transformatorları və 4 ədəd rele vasitəsilə, bütün fazlarda və neytral nöqtələrdə ulduz birləşdirilir. Bu halda şəbəkənin bütün QQ-dan mühafizəsi təmin edilmiş olur.

Sovetlərdən ayrılan dövlətlərdə olduğu kimi, ölkəmizdə də 35 kV-a qədər şəbəkələrin neytralı izolə edilmiş rejimlərdə işlədilir. Belə şəbəkədə yerə QQ baş verdikdə, şəbəkənin bütün tutum cərəyanları qövs vasitəsilə yerə axır. Bu cərəyan hər üç fazın toplam işçi tutumlarına aid olduğundan aşağıdakı kimi hesablanır:

$$I_m = U_f 3\omega C_f \quad (9.1.2)$$

Hesabatlarda şəbəkənin induktivlikləri kiçik olması səbəbilə nəzərədən atılır. Hesabatda C_f parametri fazanın yerə nəzərən cəm tumudur. HX-də transpozisiya ilə faz tutumları bütün fazlarda bərabərləşdirilir. EVHX-də qısa qapanmalar:- bir fazlı, fazlararası yaranan qövs və ya metallik qapanma kimi ola bilər. Qövs qapanmaları zamanı fazla yer arasında və ya fazlar arasında hava izolyasiyası qövs kanalının kiçik bir müqavimətilə qapanır. Belə qapanmalar ildırım təsiri və ya daxili ifrat gərginliklərdən və hətta çirklənmə və nəmlənmə güclü olduqda işçi gərginliklərdən də ola bilər. Bəzən isə, mexaniki səbəblərdən xətt məftili qırıldıqda da QQ ola bilər şəkl.19.1.2. Təcrübələr göstərir ki, 6, 10-35 kV şəbəkələrdə belə qapanmalar ümumi qəzaların 70%-ni təşkil edir.

HX-ri üçün yerlə QQ tutum cərəyanlarının 1 kV gərginliyə və 1 km məsafəyə aid xüsusi qiyməti, $3mA/km \cdot kV$ qəbul edilir. KX-də isə bu cərəyanlar $60-250 mA/km \cdot kV$ hədlərində dəyişir. Böyük qiymət en kəsiyi çox, gərginliyi isə 6 (10) kV kabellərə aiddir. Həmin kabel xətlərinin işçi cərəyanları da nisbətən böyük olur.

Şəbəkənin gücü, gərginliyi və paylanması (hava xətlərin uzunluğu və kabel birləşmələrinin sayı) artdıqca birfazlı QQ-da yaranan cərəyanlar daha böyük olur. Bu səbəbdən qövs davamlı olaraq yanır. Bu isə, daha təhlükəli qəza rejimlərinə səbəb olur. Ona görə yerlə qısa qapanmanın öz-özünə ləğv edilməsi üçün, müəyyən şərtlərdə tutum cərəyanlarını azaltmaq lazım gəlir. Bunun üçün kompensasiya sarğaçları tətbiq edilir. Bu sarğaçların L_c induktiv müqavimətləri rezonansa kökləndikdə yaranan tutum cərəyanları sıfıra

yaxınlaşır:- $L_s = \frac{1}{3\omega_0^2 C_f}$. Burada ω_0 rezonansa köklənmiş konturun məxsusi

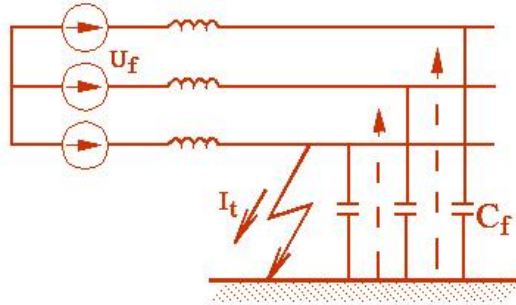
tezliyidir. Bu halda hesabat sxeminə görə qəza rejimində şəbəkədən keçən tam cərəyan aşağıdakı kimi hesablanır:

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_c^2} \quad (9.1.3)$$

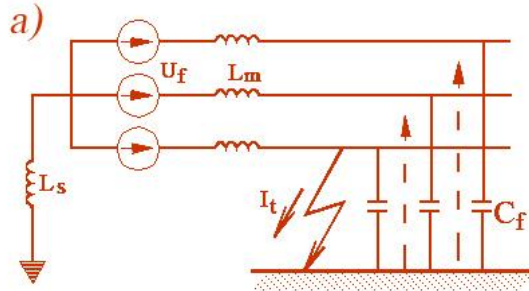
Lakin, sarğacın induktivliyinin tam rezonansa köklənməsi tövsiyə edilmir. Burada tutum parametrisinin müəyyən artıqlığı saxlanmalıdır. Bu halda rezonansdan kənarlaşma dərəcəsi- k təsir edir. Sarğacın induktivliyi isə k -ya mütənəsb olmalıdır. k ədədi, QQ zamanı sarğacdən keçən cərəyanın, qısa qapanma yerindəki tutum cərəyanına nisbəti kimi təyin edilir:

$$k = \frac{I_k}{I_c} = \frac{1}{\omega^2 \cdot L_s \cdot 3C_f} = \frac{\omega_0^2}{\omega^2} \quad (9.1.4)$$

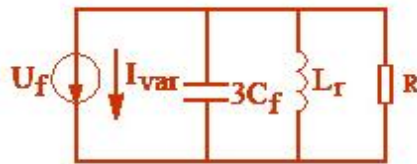
Rezonansdan kənarlaşma əmsalı dəqiq olaraq, $\nu = 1 - k = 1 - \omega_0^2 / \omega^2$ hesablanır.



Şək.9.1.2. Birfazlı qısa qapanmanın sxemi



b)



Şək.9.1.3. Kompensasiya sarğacı ilə torpaqlanmış neytrallı şəbəkə- a) və onun elektrik əvəz sxemi - b)

QQ zamanı qövsdə olan qalıq cərəyanı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$I_{qal} = \sqrt{I_a^2 + (I_c v)^2} \quad (9.1.5)$$

İfadədə I_a -sarğacın bütün sızma cərəyanları və şəbəkənin QQ zamanı bütün aktiv keçiriciliklərindən axan cərəyanların cəmi, $I_a = U_f g_c$, I_c – QQ tutum cərəyanıdır.

Tam cərəyanın ifadəsindən görünür ki, rezonansdan kənarlaşma əmsalı kiçildikdə, qövsün qalıq cərəyanı I_{qal} azalacaqdır. $b=0$ və ya $k=1$ olan tam rezonans halında, yerləmə cərəyanı yalnız aktiv təşkiledicilərdən ibarətdir. Sarğaclaın təsiri iki amillə izah edilir. Əvvəla, sarğaclaın QQ zamanı yaranan və yerə axan cərəyanları kompensasiya edirlər və qövsdən keçən qalıq cərəyanını minimuma endirir. İkincisi, sarğaclaın qövsün bərpa olunma gərginliyini azaldır ki, bu da qövsün təkrar yanmasını ləngidir.

Neytralı birbaşa torpaqlanmış 110 kV və daha yüksək gərginlikli hava xətlərində birfazlı QQ-da sağlam fazların gərginlikləri $1,3 \cdot U_f$ –dan böyük olmur. Bu rejim qısa müddətdə keçir və çox təhlükə törətmir. Lakin sonra xəttin uclarında açarların təxminən 1 san gecikmə ilə açılmaları qısa müddətdə birtərəfli qidalanma rejiminə və sağlam fazlarda böyük ifrat gərginliklərə səbəb olur. Sağlam fazlarda gərginliyin ifrat qiymətlərə çıxmasının səbəbi uzun xəttə tutum effekti hesabına artan gərginliklə birfazlı QQ-n qeyri simmetrik rejim gərginliklərinin toplanmasıdır.

Birfazlı QQ gərginlik hesabları simmetrik təşkiledicilər üsulu ilə aparılır. QQ nöqtəsinə- U_a əks istiqamətli ekvivalent gərginlik mənbəi qoşulur. Xəttin qeyri simmetrik rejim parametrlərini Z_1 , Z_2 Z_0 – ardıcılıqlı kəmiyyətlər kimi göstərilir. Onda QQ cərəyanı üçün:

$$I_{qq} = \frac{3U_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad \text{yazmaq olar.} \quad (9.1.6)$$

Bu halda bütün təşkiledici cərəyanların bərabərliyi yazılır:

$$I_1 = I_2 = I_0 = \frac{I_{qq}}{3} = \frac{U_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (9.1.7)$$

Hər fazın gərginliyi QQ-ya qədər həmin fazada olan normal gərginliklə, üç simmetrik təşkiledici cərəyanların yaratdığı gərginliklərin cəmi kimi təyin edilir: $-\Delta U_1 = -\dot{I}_1 \cdot Z_1$, $U_2 = -\dot{I}_2 \cdot Z_2$ və $U_0 = -\dot{I}_0 \cdot Z_0$

Generator şinlərindən uzaq nöqtələrdə Z_1 və Z_2 müqavimətləri təxminən eynidir. Ona görə $m = Z_0/Z_1 = Z_0/Z_2$ qəbul edilir:

$$\Delta U_1 = U_2 = -U_A \cdot \frac{Z_1}{Z_0 + 2Z_1} \quad \text{və} \quad U_0 = -U_A \cdot \frac{Z_0}{Z_0 + 2Z_1} = -\frac{m}{m+2} \cdot U_A \quad (9.1.8)$$

Burada $m = Z_0/Z_1$, bir başa torpaqlanmış şəbəkələrdə $m = 1 \div 3$ arasında dəyişir.

Zədələnmiş A fazasında hər üç təşkiledici eyni istiqamətli vektorlar kimi toplanaraq- U_a gərginliyinə bərabər olur.

9.2.1. Elektrik verilişlərində qərarlaşmış ifrat gərginliklər

Məsələnin riyazi alqoritmi. Elektrik ötürmələrində müxtəlif işçi və əməliyyat rejimlərində xətlər qısa müddətlərdə yüksüz iş vəziyyətinə keçirlər. Bu hallar ən çox, sinxronlaşma və yükün qəflətən açılması zamanı baş verir. Hər iki halda sonu açıq olan xəttin sinusoidal gərginliyə qoşulması həll edilir. Bu zaman xəttin sonunda cərəyan sıfır olur $I(l)=0$. Bu halda başlanğıc və son nöqtələrdə xəttəki gərginlik və cərəyan üçün, ümumi hiperbolik tənliklərdən istifadə edilir:

$$\begin{aligned} U(0) &= U(\ell) \operatorname{ch} \gamma \ell; \\ I(0) &= \frac{U(\ell)}{Z_d} \operatorname{sh} \gamma \ell, \end{aligned} \quad (9.2.1)$$

burada γ - gərginlik və cərəyan dalğasının yayılma əmsalıdır. Məftillərdə taclanma nəzərdən atıldıqda,

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)j\omega C} = j\omega\sqrt{LC} \sqrt{1 + \frac{R}{j\omega L}} \quad (9.2.2)$$

burada $\omega = 314 \text{ san}^{-1}$ —mənbəin tezliyi; R, L, C - xəttin vahid uzunluğunda müqaviməti, induktivlik və tutumdur. Vahid uzunluq kimi 1, 5, 10, 25 km və s. götürülə bilər. Hava xətləri üçün aktiv müqavimətin- $R \ll \omega L$, ($R \approx 0,08 \cdot \omega L$) qiymətini nəzərə alaraq, γ və dalğa müqavimətini aşağıdakı kimi yazılır:

$$\gamma = j\omega\sqrt{LC} \sqrt{1 + \frac{R}{j\omega L}} = j\omega\sqrt{LC} + \frac{R}{2\sqrt{L/C}} = \alpha + j\beta \quad (9.2.3)$$

$$Z_d = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{j\omega C}} \approx \sqrt{\frac{L}{C}} \left(1 + \frac{R}{2j\omega L} \right) = z_d \left(1 - j \frac{\alpha}{\beta} \right) \quad (9.2.4)$$

burada α -dalağının sönmə əmsalı; $\beta = \omega/c = 1.05 \cdot 10^{-3} \text{ rad/km}$ —faza dəyişmə əmsalı, z_d -dalğa müqavimətidir.

Əgər, şəkl.9.2.1-də verilən sxem rezonans şərtlərindən uzaq olarsa, onda mənbəin ω tezliyində müqavimətin təsirini və R parametrini nəzərdən atırlar. Bu halda (9.2.1) tənliklərində hiperbolik kosinus və sinus funksiyaları, dairəvi funksiyalarla əvəz edirlər:

$$\begin{aligned} U(0) &= U(\ell) \cos \beta \ell \\ I(0) &= j \frac{U(\ell)}{Z_d} \sin \beta \ell \end{aligned} \quad (9.2.5)$$

Ötürmə əmsalı- K , xəttin sonundakı gərginliyin girişdəki gərginliyə olan nisbəti kimi təyin edilir (9.2.1). Бу zaman (9.2.3) tənliyindən yayılma əmsalı $\gamma = \alpha + j\beta$ kimi nəzərə alındıqda:

$$K = \frac{U(\ell)}{U(0)} = \frac{1}{ch\gamma\ell} = \frac{1}{ch\alpha\ell \cos \beta\ell + jsh\alpha\ell \sin \beta\ell} \quad (9.2.6)$$

$al \ll 1$ olduğundan, ifadələrdə $ch\alpha\ell \approx 1$ və $sh\alpha\ell \approx \alpha\ell$ kimi əvəz edilir:

$$K = \frac{1}{\cos \beta\ell + j \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta\ell} \quad (9.2.7)$$

(9.2.7) ifadəsinə görə, $u(l)$ -in, $u(0)=E$ və müxtəlif x -lar üçün, xəttin uzunluğundan asılılıq əyrisi qurulmuşdur şəkl.9.2.1,-1əyrisi. Əyri rezonans xarakterlidir. Rezonans $\beta l = \pi/2$ olduqda və $f=50$ Hs tezlikdə, $l=1500$ km *-də baş verir*. Bu uzunluqda xəttin məxsusi rəqlənmələrinin tezliyi mənbəin tezliyinə bərabər olur:

$$T_1 = 2\pi/\omega_1 = 4\ell/c = 4\sqrt{LC}\ell = 4\beta\ell/\omega = 2\pi/\omega \quad (9.2.8)$$

Xəttin sonunda rezonans gərginliyini, R və $\beta l = \pi/2$ nəzərə almaqla (9.2.6) ifadəsindən hesablanır:

$$U(\ell) = \frac{U(0)}{\frac{\pi \alpha}{2 \beta}} = \frac{2}{\pi} \frac{\omega U(0)}{\frac{R}{2\sqrt{\frac{L}{C}}} \frac{1}{\sqrt{LC}}} = \frac{4}{\pi} \frac{\omega L}{R} U(0) = \frac{4}{\pi} QE \quad (9.2.9)$$

Burada Q -xəttin keyfiyyət əmsalıdır $Q = \omega l/R$.

Yüksüz xəttin giriş müqaviməti isə,

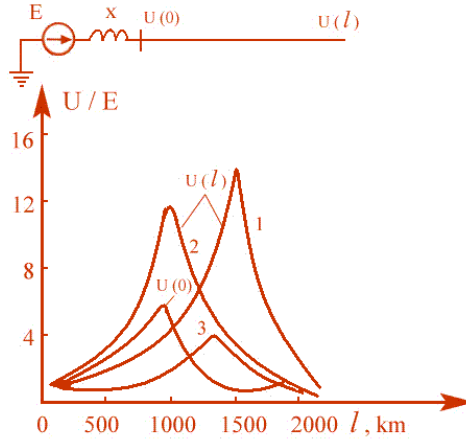
$$Z_{gir} = z_d \frac{U(\ell) \cos \beta\ell}{jU(\ell) \sin \beta\ell} = -jz_d \operatorname{ctg} \beta\ell \quad (9.2.10)$$

$\beta l \leq \pi/2$ olduda, (mənbəin tezliyi $\omega = 314$ san^{-1} və $l \leq 1500$ km olarsa) Z_{gir} tutum xarakterli olur.

Uzunluğu nisbətən az, nominal gərginliyi 110-220 kV olan EVX-də, (9.2.10) formulasını sadələşdirərək, triqonometrik funksiyaları arqumentlərlə əvəz edərək, aşağıdakı çevirmələri aparırırlar:

$$Z_{gir} = -jz_d / \beta\ell = -j \sqrt{\frac{L}{C}} \frac{1}{\omega \sqrt{LC}\ell} = -j \frac{1}{\omega C\ell} \quad (9.2.11)$$

(9.2.11) ifadəsindən görünür ki, belə xətlər yığcam parametrlili tutum müqaviməti ilə əvəz edilir.



Şək.9.2.1.Sonu açıq olan xəttin sinusoidal EHQ mənbəinə qoşulması. Rezonans ayrıləri, x_m –mənbəin induktiv müqaviməti, 1- $x_m=0$; 2- $x_m=0,5 \cdot z_d$ mənbəin və xəttin keyfiyyət əmsalı- $Q=12,5$; 3- $x_m=0$ və taclanma olduğu halda, xəttin sonunda gərginliyin məsafədən asılı dəyişmə ayrıləri 200-300 km uzunluğunda olan xətlər üçün, $\cos\beta \cdot l \approx 1 - (\beta l)^2 / 2$, $\sin\beta l \approx \beta l$ –ə bərabər olduğunu qəbul edilərsə,

$$Z_{girr} = -jz_d \frac{1 - (\beta l)^2 / 2}{\beta l} = j \left(\frac{\omega L l}{2} - \frac{1}{\omega C l} \right) \text{ olar.} \quad (9.2.12)$$

Xəttin uzunluğu artdıqca belə əvəzləmələrdə xətlər artır. Sonuncu ifadə xəttin T şəkilli əvəz sxeminə uyğun gəlir. Uzun xətləri isə, paylanmış parametrlili hiperbolik tənliklə ifadə edirlər. Ona görə xətləri azaltmaq üçün paylanmış parametrlili xətlər və onların teleqraf tənlikləri istifadə edilir.

Şək.9.2.1 də $U(0)$ və $U(l)$ -in, $x_m=0,5 \cdot z_d$ olduqda l -dən asılılıqları-2 verilir. Rezonans nöqtəsində mənbəin və xəttin keyfiyyəti Q nəzərə alındıqda, gərginliklər hesablanmışdır. Bu halda rezonans nöqtəsi $x_m=0$ halına nisbətən, xətt uzunluğunun aşağı qiymətlərinə tərəf sürüşür. Bu mənbəin və xəttin induktivliklərinin toplanması və xəttin ekvivalent uzunluğunun artması ilə izah edilir. Mənbəin induktivliyi də ekvivalent xətt kimi təsir edir. Analoji hesablar elektrik stansiyalarında, uzunluğu sabit olan xətlərin əvvəlində qoşulan generatorların dəyişən induktiv müqavimətləri ilə aparılmalıdır.

9.2.2. Tutum effekti və taclanmanın təsiri

Yüksək gərginlikli, yüksüz işləyən uzun xətlərin tənlikləri və yuxarıda (şək.9.2.1) qurulmuş ayrılərdən görünür ki, daxili müqaviməti x_m olan mənbəyə qoşulduqda, xəttin tutum cərəyanının mənbəin induktivliyindən keçməsilə xəttin əvvəlindəki gərginlik artır:- $[U(0) > E]$, xətt induktivliyindən keçdikdə isə xəttin sonundakı gərginlik yenə artır:- $[U(l) > U(0)]$.

Əgər mənbəin daxili müqaviməti- x_m nəzərə alınarsa, xəttin əvvəlində gərginlik- $U(0)$ aşağıdakı kimi hesablanır:

$$U(0) = E \frac{-jX_{gir}}{jx_m - jX_{gir}} = E \frac{X_{gir}}{X_{gir} - x_m}, \quad (9.2.13)$$

Xəttin sonunda isə, gərginliyin qiyməti:

$$U(l) = K \cdot U(0) \quad \text{olar.} \quad (9.2.14)$$

Bu tutum effekti adlanır, çox uzun və 500-1150 kV yüksək gərginlikli HX-də müşahidə edilir. Rezonans tutum effektinin xüsusi halı kimi, xəttin tutum xarakterli müqavimətinin mənbəin induktiv müqavimətinə bərabər olduğu şərtə- $X_{gir} = x_m$ baş verir. Xətlərin induktiv və tutum parametrlərinin çoxlu sayda sərbəst rəqsəlmə tezlikləri vardır. Məlumdur ki, uzun xəttin II sərbəst rəqsəlmə tezliyi mənbəin tezliyinə bərabər olur.

Sinusoidal qanunla artan xətt gərginliyi, məftil ətrafında yaratdığı ESG ilə taclanma gərginliyinə (24,5-30,3 kV/sm) çatdıqda, məftillərdə taclanma yaranır. Məftillərdə yaranan taclanma əvəz sxeminə G_m -aktiv keçiricilik və ΔC_m tutum kimi daxil edilir. Bu kəmiyyətlər, xəttin verilmiş nöqtəsində $U(x)$ -dən asılı olub, sxemə paralel qoşulur. Taclanmada aktiv itkilər artdığından rezonans əyriyənin sivriliyi azalır. Maksimal qiyməti (3-3.5) E -yə çatır və əlavə tutum hesabına maksimal nöqtə yenə uzunluğun kiçik qiymətlərinə tərəf sürüşür. Taclanmanın əlavə parametrləri - G_m , ΔC_m və taclanma gərginliyi U_m ilə U gərginlikləri aşağıdakı nisbətlərdən təyin edilir:

$$G_t / \omega C = \eta \left(1 - \frac{U_t}{U} \right) \quad (9.2.15)$$

$$\Delta C_t / C = \theta \left(\frac{U}{U_t} - 1 \right)$$

Burada η və θ şaxələndirilmiş faz məftillərindən asılı olan və onların sayı artıqca azalan əmsallardır:- $\eta = 0.7 \div 0.35$, $\theta = 0.22 \div 0.11$.

Nisbətən kiçik uzunluqlu (300-600 km) xətlərdə, $U(x)$ az dəyişdiyindən, xətt boyu ΔC_m və G_m parametrlərini bütün nöqtələrdə sabit götürmək olar. Taclanan xətləri sabit tiutum və aktiv keçiriciliyi olan paylanmış parametrlili sxem kimi hesablamaq olar. Bu halda, xəttə dalğanın yayılma əmsalı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\gamma_t = \sqrt{(R + j\omega L)[G_t + j\omega(C + \Delta C_t)]} = j\omega \sqrt{L(C + \Delta C_t)} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{R}{j\omega L} \right) \left[1 + \frac{G_t}{j\omega(C + \Delta C_t)} \right]} \approx \alpha \frac{\beta_t}{\beta} + \alpha_t + j\beta_t \quad (9.1.16)$$

burada β_t taclanan xəttin faza dəyişmə əmsalıdır:

$$\beta_t = \beta \sqrt{1 + \frac{\Delta C_t}{C}} \quad (9.2.17)$$

Taclanmadan yaranan əlavə sönmə aşağıdakı ifadə ilə yazılır:

$$\alpha_t / \beta_t = G_t / [2\omega(C + \Delta C_t)] \quad (9.2.18)$$

$\alpha_t / \beta_t = f(U/U_t)$ asılılığının (9.2.17), (9.2.18) ifadələri nəzərə alınmaqla (9.2.15) və (9.2.16) ifadələrinə uyğun qurulmuş hesabat əyriləri şəkl. 9.2.2 də verilir.

Daxili müqaviməti sıfır olan mənbəyə qoşulan açıq xəttin sonundakı gərginlik $\beta_t l = \pi/2$, yəni $l \leq 1500$ km olduqda yaranır. $U(l)$ -in qiyməti (9.2.9) formulasına analogi olaraq aşağıdakı iki tənliyin həllindən təyin edilir:

$$U(\ell) = \frac{2}{\pi} \frac{E}{\alpha/\beta + \alpha_t/\beta_t} \quad (9.2.19)$$

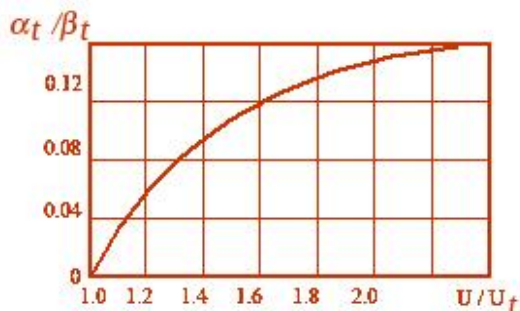
İkinci tənlik şəkl.9.2.2-də qrafiki verilmişdir. Şəkildə verilmiş gərginlik- $U_{hes} = kU(l)$ aşağıdakı kimi hesablanır:

$$U_{hes} = U(\ell) \left(\frac{\sin \frac{\beta_k \ell}{2}}{\beta_k \ell / 2} \right)^2 \quad (9.2.20)$$

Məsələn, (9.2.20)-ə görə $\beta l = \pi/2$ olduqda, $U_{hes} = 0.81$ olur. Hesabat aparılarkən əvvəlcə, xəttin sonunda $U(l)$ -in müxtəlif qiymətləri verilir; xətt məftilindən asılı olaraq U_m və $U(l)/U_m$ hesablanır; sonra şəkl.9.2.2-də verilmiş əyri və (9.2.19) tənliyindən $U(l)$ -in hər bir qiyməti üçün E -ni təyin edirlər. Alınmış qrafiki $U(l) = f(E)$ asılılığında verilmiş E üçün $U(l)$ hesablanır.

Xəttin sonundakı $U(l)$ gərginliyi tapıldıqdan sonra, (9.2.15) tənliyində U -nun yerinə U_{hes} qoyaraq xəttin artan tutumunu hesablayırlar; sonra (9.2.17) -dən β_t və xəttin rezonans verən uzunluğu aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\ell_{tac} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\beta_{tac}} \quad (9.2.21)$$



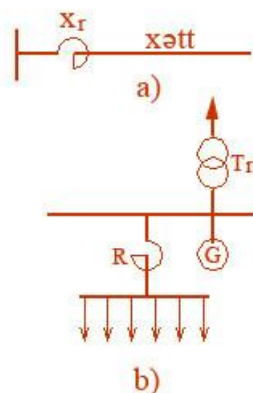
Шяк.9.2.2. α_m / β_m нисбятинин $\eta=0,7$; $\theta=0,22$ гиймятляри үчүн эярэинликдян асылылыы

Мянбяин индуктивлийи нязря алынан схемлярдя, резонанс яйриляринин максимумлары дахили мцгавимяти сыфыр олан мянбялярдян аз фярглянирляр. Эярэинлик артымлары башланьыж гиймятлярят чатдыьы андан башлайан тажланма, резонанас яйрисинин гиймятини вя онун ужундакы максимал нюгтянин сиврилийини азалдыр. Тажланма заманы максимумун гиймяти хяттин узунлуьун азалан тяряфияна сцрцщр вя тяхминян $3E$ гиймятиндя олур шяк.9.2.1, *3 яйриси*. Тажланманын бу тутум еффекти, резонанасдан яввял эяринлийин жцзи артымына сябяб олур. Резонанс областында тажланма эярэинлийин мящдудлащдырылмасы цццн буюцк рол ойнаса да, ону изолясийайа тящццкясиз олан гиймятлярят гядяр азалтмыр *3 яйриси*.

9.2.3. Реакторлаын тясире вя щесабатылары

Реакторларын § 9.1.3 –дя верилмищ жярйан мящдудлащдырыжы функсийаларындан башга, узун хяттлярдя реактив эцжлярин тянзимлянмяси вя коммутасийа ифрат эярэинликляринин мящдудлащдырылмасында да ящямийятли ролу вардыр. Реакторлар шябьяклярдя тясир функсийаларына уйьун олан мцхтялиф бирлящмя схемляриня малик олурлар шяк.9.2.3 а), б).

Мялумдур ки, узунлуьу чох олан ($l > 300$ км), йцкскз ищляйян хятт юзццц реактив эцж мянбяи кими апарыр. Беля хяттин тутум жярйанынын эенераторлардан кечмяси шябьякянин арзуолунмаз реьимляриндяндир. Чццки, эенераторларын реактив эцж ищлядижисиня чеврилмяси она зярярли тясир едир вя ишини дайаныгсыз едир.



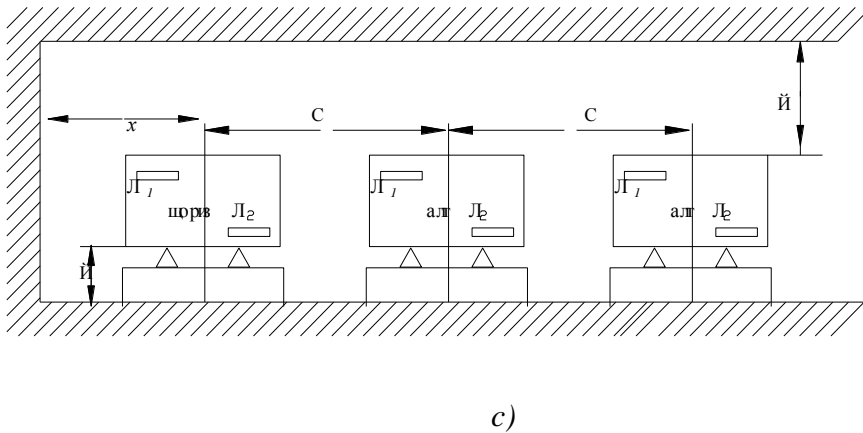
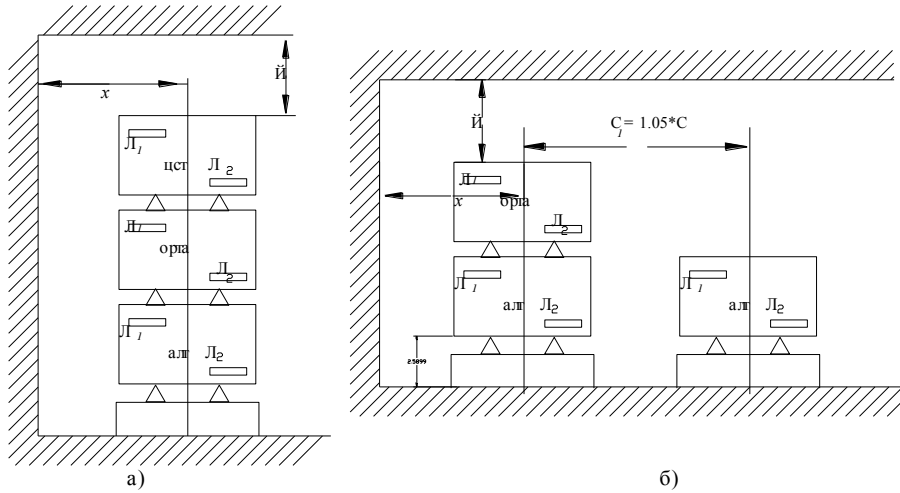
Шяк.9.2.3. Реакторларын гошулма схемляри а)фярди реакторлу, б)груп шякилиндя реакторлама

Ян्यानвя жярйан мящдудлащдырыжы бетон реакторлар 6-35 кВ эярэинликлярят вя 400-4000А номинал жярйанлара малик олан, гуру изолясийалы апаратлардыр. Онлар дахили вя харижи гурулушлара

малик олан констрoксийаларда шазырланьрлар. Цч фазлы жряйан мяшдудулашдырыжы реактор 3 яяд полад ичлийи олмайан сарьажлардан тяшкил олунур. Бу реакторларда жряйан номинал гиймятиндян ГГ гиймятиня гядяр дяйишдикдя эярэинлийин хятти дяйишмяси мцшащидя едилир. ГГ жряйаны номинал жряйандан 10-20 дяфя чох олур. Сарьажларын актив мцгавимятляри нисбятян кичик олур.

Реакторларын долаглары чохтелли Алиминиум вя йа Мис мяфтиллярдян сарыныр. Бурлуьан жряйанларын йаратдыьы ялавя иткиляри азалтмаг мягсяди иля мяфтилляр бетон эювдя иля олан харижи изолясийадан башга, дaмaр цстц изолясийа иля юртцлцрляр.

Номинал жряйаны 630 а-дян буюцк олан реакторларын сарьылары бир нечя паралел будаглардан тяшкил олур. Бу заман долаг сарынаркян будаглама мяфтиллярини юз араларында транспозисийа едирляр. Транспозисийа едилян сарьыларда узунмцддятли ишчи жряйанлары вя ГГ жряйанларынын пайланмасы бярабяр олур.



Шяки 9.2.4 Реакторлардан ферромагнит эювдяляря гядяр олан минимал мясафяляр

Сарьыларазы механики мящкямлик вермяк цщн онларазы хщсузи форма верилмякля (бетонлащдырмагла) сыйыг семент иля долдурулар. Семент бяркидикдян сонра ону гурудур вя хщсузи нямлийя давамлы бойа иля рянэляйирляр. Сонра сарьылары фарфор дайаг изоляиторлары цзяриня монтаь едирляр шяк. 9.2.4. Бетон реакторларын фаз сарьылары шагули, пилляли вя щоризонтал гайдада йерлящдириля биляр шяк.9.2.4 а), б) вя ж). Истещсалчы завод монтаь цщн реакторун эщжц вя эярэинлийиня уйьун щесабланмыш охлар арасы мясафяляри (С вя С₁ -ляри) эюстярмялидир. Бу мясафялярин олмасы ясасян цщфазлы реактор комплектинин електрик-динамики дайаныгылыьы цщн важибдир. Реакторларын шагули, щоризонтал вя йа пилляли гуршадырылма

цсуллары реактор сарыажларынын юлчцсц, кцтляси вя ПГ-нун йерляшдийи бинанын гурулушундан асылдыр. Шякилдя ректор сарыажларынын чыхышлары L_1 (хятт 1) вя L_2 (хятт 2) иля ишарялянимышдир. Щоризонтал йерляшмядя ара мясафяляр C , диварла мясафя x , таванла вя дюшямя иля ися Y –дир.

Эюстярилян конструкторларда олан тьяк сарыылы реакторлардан башга, хяттлярдя истифадя едилян ики чийинли (жцт сарыылы) реакторлар да истещсал едилир. Бу реакторларда бир фазайа ики ядыд ейни истигамятдя сарынмыш вя уйбун бирляшмиш долаглар олур. Бу реакторларын бири ортаг олмагла 3 бирляшмя чыхышы вардыр шяк.9.2.5. Орта сыхажла реактор енерьи мянбяиня (шябьякяйя) бирляшдирилир. Жцт сарыылы реакторун номинал жяряйяны кими сарыынын номинал жяряйяны эютцрцлцр. Орта сыхаж ики гат жяряйяна щесаблинмышдыр шяк 9.2.5 а).

Реакторлар гурашдырылан бинада индукция жяряйянларынын тьясириндян щядсиз гызмалара эюря ятрафдакы ферромагнит конструкторлары мцщафизя етмяк лазымдыр. Бу мягсядя истещсалчы завод уйбун ферромагнит конструкторлардан (сцтун, ризелляр, дямир-бетон дивар вя юртцкляр) олан x вя y мясафялярини верирляр. Она эюря реакторлары бинанын дямир-бетон сцтунларындан, чатма вя киришлярдян заводун мцяййян етдийи мясафялярдя (X вя Y координатлары цзря) гурашдырырлар.

Реакторларда эцж иткяляри нисбятян аз олур. Айрылан истилик ися ятраф мцщитя ютцрцлцр. Сарыы мяфтилляринин ен кясийи еля сечилир ки, ян чох гызма нюгтясиндяки максимал температур, изолясияа цццн бурахыла билян температуру ашмасын. Бина дахилиня гурашдырылан реакторлар олан саяляр вентилясияа едилир. Хцсуси аьыр шяраитляр щалында ися бина вентилясияа иля сойудулур.

$ГГ$ заманы долаьын температуру кяскин олагаг артыр. $ГГ$ –да максимал температур сарыы нагилляри вя изолясияа материалынын истилийя давамлылыг щядди иля тьяин едилир.

Юлчц нисбятляриня эюря реакторларда индуктив мцгавимятин щесабаты онларын щяндяси юлчцляриня вя сарыылар сайына ясасын ашаьыдакы кими апарылыр:

$$L = 10,5 \cdot w^2 \cdot D \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{D}{2 \cdot (b + h)}\right)^3} \cdot 10^{-6} \quad (9.2.22)$$

- щесабатларда юлчцляр см-лярля, индуктивлик ися мЩн-лярля алыныр.

Цчфазлы реакторун щяр фазасында бу фазанын мяхсуси юзцня $ЕЩГ$ -дян башга, гоншу фазаларын жяряйянларынын тьясириндян гаршылыглы индукция $ЕЩГ$ -ри дя индуксийаланыр. Щяр цч фазанын P

актив мцгавимяти в я L индуктивлийи ейнидир. Лакин гейри симметрик йерляшмяляри сябьби иля M_{AB} , M_{BJ} , M_{JA} гаршылыгылы индуктивликляри фяргли олурлар. Реакторларын фазларында эярэинлик дцшкцляри ашаьыдакы ифадяляря йазылыр:

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_A &= (R + j\omega L) \cdot I_A + j\omega M_{AB} \cdot I_B + j\omega M_{AC} \cdot I_C \\ \Delta U_B &= (R + j\omega L) \cdot I_B + j\omega M_{BC} \cdot I_C + j\omega M_{BA} \cdot I_A \\ \Delta U_C &= (R + j\omega L) \cdot I_C + j\omega M_{CA} \cdot I_A + j\omega M_{CB} \cdot I_B \end{aligned} \right\} \quad (2.23)$$

Фаз сарьыларынын симметрик йерляшмясини в я бь сябьбдян $M_{AB}=M_{BJ}=M_{JA}=M$ олдьуну нязря алсаг, эярэинлик дцшцляри саяляшир:

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_A &= [R + j\omega(L - M)] \cdot I_A \\ \Delta U_B &= [R + j\omega(L - M)] \cdot I_B \\ \Delta U_C &= [R + j\omega(L - M)] \cdot I_C \end{aligned} \right\} \quad (9.2.24)$$

L - M параметрляринин фярги фазанын эквивалент индуктивлийи кими L^* гябул едилир. Мялумдур ки фазлар гейрисимметрик мясафялярдя йерляшдикляриндя эквивалент индуктивликляр в я уйьун эярэинлик дцшкцляри дя йазылдьыындан фяргли олажагдыр.

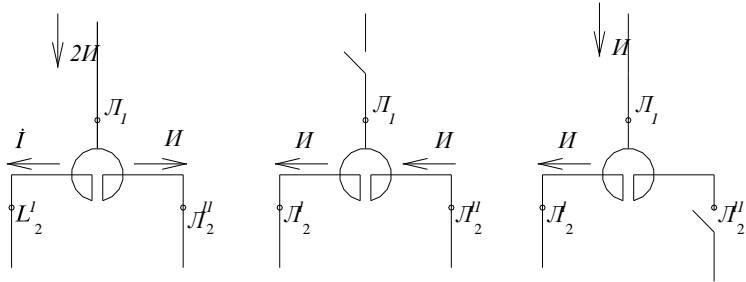
Истецсалчы завод тьяряфиндян ясас характеристика кими - $X_{ном} = \omega L'$ мцгавимяти верилир. Бу мцгавимят реакторда сарьажларын сайы в я онларын нисби юлчцляри в я йерляшмя гайдасы иля иля тьяин едилир. Дейилияляря ясаян - L' цчфазлы реакторун эквивалент индуктивлийи кими гиймятя малик олур в я ящямийят дашыйыр:

$$\Delta U = X_{ном} \cdot I$$

в я йа номинал фаз эярэинлийинин нисбяти иля йазлыдыгда: -

$$\Delta U_* = \frac{\sqrt{3} X_{ном} \cdot I}{U_{ном}} \text{ олар.}$$

Икили реакторлу, (чийинли) сарьажлар бир фаза элементи щяддиндя индуктивлийи в я гаршылыгылы индуктивликляри иля характеристиза едилир. Гаршылыгылы индуктивлик ясас индуктивлийин 0,4-0,6 нисбятини тьяшкил едир. Бу заман $k = M/L$ нисбяти иля щесаблинан k ялагя ямсалы адланыр. Реакторларын паспортунда номинал индуктивлик в я ялагя ямсалларынын гиймятляри верилир.



а)

б)

ж)

Шякил 9.2.5 Икили (чийинли) реакторларын характеристик реџимляри а) бир баша кечид, б) узунуна, ж) бирдювряли ши реџимляри

Икили реакторларда жряйяанларын гиймяти вя истигамятиндя асылы олараг сарьяжлардакы эярэинлик дцшкцляри, яээр жряйяанлар якс истигамятли оларса, ашаьыдакы кими щесабланьр:

$$\begin{aligned} \Delta U_1 &= I_1 \cdot \omega L - I_2 \cdot \omega M \\ \Delta U_2 &= I_2 \cdot \omega L - I_1 \cdot \omega M \end{aligned} \quad (9.2.25)$$

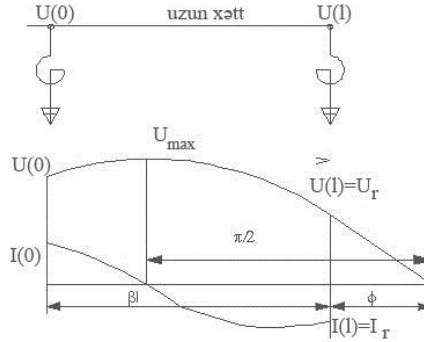
Истисмар тьярцбьяляриндя бир сыра йерялрдя, эярэинлик дцшкцлярини азалтмаг мягсяди иля будагланма – сарьяж жряйяанларынын ейни дряжядя йцклянмяси тьямин едилир. Бу реџим бир баша жряйяан кечиди адланьр шьяк. 9.25 а).

9.2.4 Коммутасийа ифрат эярэинликляринин реакторларла мяшдудлашдырылмасы

Хцсуси комутасийа реџимляриндя, стансийаларын йцксяк эярэинлик шинляри, енерьи эюндярян вя гябул едян системляри иля йеря нисбятян ениня гошулмуш компенсасийа реакторлары гошулуур шьяк.9.2.6. Бундан башга хяттлярин даща эцжлц шинляря гошулмасы, хяттляр гошулмамышдан яввял йцксяк вя орта эярэинлик чыхышлары тьяряфдя ениня компенсасийа реакторларынын бирляшдирилмяси кими схем тядбирляри дахилдир. Бу схем тядбирляри хяттлярин планлы гошулмаларында вя йа бцтцн реакторларын реактив эцжляря уйьун гошулдуьу щалларда апарылыр.

Нормал йцк реџимляриндя ися, бу реакторлар гябуледижи системлярдя ачылыр. 300-400 км узунлуглу сону ачыг олан хяттлярдя, эярэинлик дцшэцляри буюьк олмадыьындан, реакторларын стансийа шинляриндя гойулмасы кифайят едир. Узун верилиш хяттляринин башланьыжында реакторларын гойулуш реактив эцжцнцн 20-40 %-и

топланыр. Она эюря, диэяр реакторлар шябьякя бойу мцхтялиф йарымстансийалар вя чевирижи мянтыглярдя гурашдырылыр. Там эцж реьимляриндя ися, шесабата эюря бу реакторларын бир нечяси вя йа щамысы ачылыр.



Шяк. 9.2.6. Реактор гошулмуш хяттдя эярэинлик вя жярйян пайланмасы. Яйри реакторун хяттин сонунa гошулдуьу щал ццндир

Бир тяряфли гошулмуш хятт ццнн реакторларын тясирия бахаг. Бир тяряфли гошулма, хятт йцкцнн гяза ачылмасы, сону ачыг олан хяттин планлы гошулмасы вя хцсуси иля синхронлашма реьимляри ццнн характеристикдир. Гязадан сонракы реьимля синхронлашма реьимляринин фярги, синхронлашмада схемин яввялжядян щазырланмасындадыр. Бу заман эярэинлийин оптимал реьими тямин едилир. Беля ки, *схемдя эенераторун тясирлянмяси азалдылыр, трансформасийа ямсаллары минимал щяддя гоьулур вя битцн реакторлар ишыа гошулур*. Гязадан сонракы реьимлярдя ися, бунлар щамысы нормал вя йа максимал эцж шяртляриня уйьун вя чох бьойцк гиймятлярдя ола билярляр.

Ачыг хятт ццнн гяза схеминя шесабланан реактор, тякжя хяттин эцжнця эюря дейил, онларын йерлящдийи нюгтяйя эюря дя эярэинлийин мящдудлащдырылмасына тясир едир. Реактор *хяттин яввялиня гошулдугда*, хятт бойу эярэинлик пайланмасы вя хяттин ютцрмя ямсалы реакторсуз щалдакы кими олур (9.2.5) вя (9.2.6). Лакин, мянбядян кечян тутум жярйяаныны компенсасийа етдийиндян, реактор хяттин эириш мцгавимятини артырыр. Хяттин яввялиня гошулмуш реакторла, эириш мугавимяти ашаьыдакы кими йазылыр:

$$\underline{Z}_{gir} = \frac{-jZ_d \operatorname{ctg} \beta \ell}{1 - q \cdot \operatorname{ctg} \beta \ell}, \text{ бурада } z = Z_0 / X_p \quad (9.2.26)$$

Ютцрмя ямсалы ися, (9.2.7)-дя верилмиш шякилдя галыр.

Тутум жярйяанынын там компенсасийасы ццнн (9.2.26)- дя мяхряж сыфра чеврилмялидир. Йяни, реакторун эцжц $z = t \beta \ell$ олмалыдыр. Бу эцж ися, реактор ццнн чох бьойцк гиймят олдуьундан, тутум жярйяанынын там компенсасийасы тьовсийа едилмир.

Реактор хяттин сонуна гошулдугда ютцрмя ямсалынын азалмасына сябяб олур:

$$K = \frac{1}{\cos \beta \ell \cdot (1 + q \cdot \operatorname{tg} \beta \ell)} \quad (9.2.27)$$

Яэяр, $1/\varepsilon = X_p / Z_d = m \varepsilon \varphi_e$ иля явяз едилярся, (9.2.27) ифадяси даща уйьун бир шыкиля дщяр:

$$K = \frac{1}{\cos \beta \ell + \operatorname{ctg} \varphi_e \cdot \sin \beta \ell} = \frac{\sin \varphi_e}{\sin(\beta \ell + \varphi_e)} \quad (9.2.28)$$

Яэяр далья узунлуу φ_e олан гыса гапанмыш хяттин эириш мцгавимяти $\varepsilon Z_d \cdot m \varepsilon \varphi_e$ кими эютцрцлся, сонунжу ифадя ашаьыдакы физики мащийятя уйьун эялир: -а) реактор, далья узунлуу φ_e , эириш мцгавимяти X_p олан, гыса гапанмыш хятт кими эютцрцлцр, б) сонуна реактор гошулан бцтцн хятт ися, $(\beta \ell + \varphi_e)$ далья узунлуу олан, гыса гапанмыш хятт кими эютцрцлцр. Бу хятт бойу $U(x)$ эярэинлик пайланмасы ццн шяк.9.2.6 –да верилир. Эюстярилян шыкиля х хяттин сонундан сайылыр.

Эярэинлийин шыкиля эюстярилян максимал гиймяти ися, ашаьыдакы нюгтяйя уйьун эялир:

$$\left. \begin{aligned} \sin[\beta(\ell - x) + \varphi_e] &= 1; & \beta(\ell - x) &= \pi/2 - \varphi_e \\ U_{\max} &= U(0)/\sin(\beta \ell + \varphi_e). \end{aligned} \right\} \quad (9.2.29)$$

Шыкиля хяттин башланьыжында эярэинлик артымы эюрцнцр. Бунун сябяби илк анда хяттдян кечян тутум жярйяаныдыр. Эярэинлийин максимал гиймятиндя ися, бу жярйян сыфырдан кечир вя индуктив характерли олур. Бу сябябдян хятт бойу эярэинлик азальр.

Сонуна реактор гошулмуш хяттин эириш мцгавимяти ашаьыдакы кими йазылыр:

$$\underline{Z}_{gir} = (-jZ_d \operatorname{ctg} \beta \ell) \cdot \frac{1 + q \cdot \operatorname{tg} \beta \ell}{1 - q \cdot \operatorname{ctg} \beta \ell} \quad (9.2.30)$$

Мцгайися етдикдя эюрцнцр ки, бу мцгавимят реакторун хяттин яввялиня гошулдуу шалдакы мцгавимятдян (9.2.30) буюцкдцр. Буна бахмайараг, тутум жярйяанынын там компенсация шярти, реакторларын бярабяр эцжляриндя юдянилир. Бунун сябяби кясрин мяхряжляринин ейни олмасыдыр.

(9.2.28) ифадясиндя, хяттин башланьыжы вя сонунда эярэинликлярин бярабярлик шяртиня ясаян ($K=1$), реакторун эцжцнц щесабламаг олар. (9.2.29)-дан $\sin \varphi_e = \sin(\beta \ell + \varphi_e)$ олур. Бу бярабярлик $\beta \ell + \varphi_e = \pi - \varphi_e$ шяртиндя юдяняжякдир. Орадан ися, ашаьыдакы чеврилмиш ифадяни йазмаг олар:

$$\varphi_e = \frac{\pi}{2} - \frac{\beta\ell}{2}; \quad q = \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi_e} = \operatorname{ctg} \varphi_e = \operatorname{tg} \frac{\beta\ell}{2}. \quad (9.2.31)$$

Бу шалда хяттин эриш мцгавимяти ашаьыдакы кими олар:

$$\underline{Z}_{gir} = jZ_d \operatorname{tg} \left(\beta\ell + \frac{\pi}{2} - \frac{\beta\ell}{2} \right) = -jZ_d \operatorname{ctg} \frac{\beta\ell}{2} \quad (9.2.32)$$

Шябьякляримиздя ясасян компенсасийа реакторларынын, хяттлярин яввяли вя сонунa гошулдуьу ики щалы тятбиг едилир. Бу параграфда алынмыш ифадялярин кюмяйи иля, хяттляря гошулан реакторларын эцжлярини щесабламагла, хяттин реактив эцж вя эярэинлик характерини тьйин етмяк олар.

Азярбайжанда узунуна компенсасийа (тутум батарейалары) вя хяттин ортасына гошулмуш ениня реактор компенсасийасы олмадыьындан щямин схемляря бу китабда бахылмамышдыр. Тутум батарейалары тятбиг едилян схемляр чох узун мясафяляря чякилмиш хятлярин индуктив мцгавимятляринин компенсасийасы цццн истифада едилир. Онларын тьсири хцсуси мясяляляр кими юйрянйилр [36].

Коммутасийа ифрат эярэинликляринин гиймяти (3÷3,5) V_ϕ гиймятляриня гядяр артыр. Бир чох щалларда онларын гиймяти 330 – 500 кВ –луг шябьяклярин изолясийа сьвийьясиндян (2,7 вя 2,5 V_ϕ), хейли бьйцк олур. 330 кВ вя йцксяк эярэинликли шябьякляр, истифада едилян коммутасийа ифрат эярэинликляринин мяжбури мящдудлащдырылмасы тьдбирляриня эюря фьрглидирляр. Мящдудлащдырма тьдбирляринин бир нечя усуллары 220 кВ вя ашаьы эярэинликли шябьяклярдя дя тятбиг едилир.

Коммутасийа ифрат эярэинликлярдян мцщафизя ашаьыдакы принципляря яасланьыр:

схем тьдбирляри иля тьщлцкяли ифрат эярэинликляр йарадан реьимлярин сайынын азалдылмасы;

ифрат эярэинликлярин гьрарлащмыш амплитутларынын мящдудлащдырылмасы, ейни заманда кечид просесинин ифрат эярэинлляринин мящдудлащдырылмасы;

вентил бошалдыжылары вя ачарларын контактларында олан шунтлайьжы мцгавимятлярля коммутасийа ифрат эярэинликляринин мящдудлащдырылмасы.

Ялверишли башланьж шьртляринин сечилмяси иля кечид просесляриндя сьрбьст рьгси эярэинликляри вя ифрат эярэинликлярин максимал гиймятлярини кичилтмяк олар. Мясялян, АТТ-н гошулма фасилясиндя хяттин галыг йцкляринин йеря ахмасынын сьртляндирилмяси вя йа ачарларын гошулма моменти вя ишинин програмлы идаря едилмяси кими тьдбирляр ола бияр.

Коммутасийа ифрат эрэинликляринин азалдылмасынын схем тядбирляриня эцж трансформаторларынын ашаы трансформасийа ямсалларынын сечилмяси дя аиддир.

Узунуна тутум компенсасийасы олмайан хяттлярдя максимал эцж реьимляриндя, ЕЮХ-нин мцхтялиф нюгтяляриня гошулмуш реакторлар ачылмалыдырлар. Чцнки, бу щалда реакторлар итклярин артмасы вя ютцрцлмянин дайаныгсызлыьына сябяб олурлар. Бундан башга максимал актив эцж ютцрцлмясиня щесаблинмыш реакторларын эцжц, гейри симметрик ГГ –да йаранан гярарлашмыш ифрат эрэинликлярин мящудлашдырылмасына кифайят етмир. Она эоря «реакторларын яталятсиз гошулма» схемляри тятбиг едилер. Бу заман реакторлар, гейри симметрик ГГ-нын гярарлашмыш вя кечид просесиндя йаранан ифрат эрэинликлярини мящудлашдырмаг цццн гыбылжым аралыглары васитяси иля хяттляря гошулурлар.

10. ИЗОЛЙАСИЙАНЫН КООРДИНАСИЙАСЫ ВЯ СЫНАГЛАР

10.1. Цмуми анлайышлар

Йцксяк эрэинликли изолйасийа элементляри електрик мяцкямлик сявиййяляриня, тясир едян эрэинликляря вя мцщафиза апаратларынын характеристикаларына уйьун олараг сечилирляр. Бу мясяля изолйасийанын *координасийасы* мясялясидир. Координасиа проблемляри атмосфер ифрат эрэинликляря вя коммутасийа ифрат эрэинликляриня эоря щялл едилер. Координасийа мясяляляри електрик аваданлыгларынын изолйасийасынын щесабат лайищя мярщялясиндя щялл едилер. Бунун цццн изолйасийада мцхтялиф сынаглар вя тядгигатлар апарылыр. Заводлардан бурахылмыш тязя вя саьлам изолйасийаны ищя гошдугдан сонра, онларын истисмар щяртляри вя техники хидмят гайдаларына риайят едилмялидир. Бунун цццн вахташыры, щяр бир хятт вя аппарат изолйасийасынын елементи цццн техники бахышлар кечирилмяли вя лазым эялдикдя йохлама нязарят сынаглары апарылмалыдыр. Бу мягсядя ири истимар мцяссисялярин няздиндя йцксяк эрэинлик сынаг лабораторийалары олур.

Йцксяк эрэинлик гурьуларынын изолйасийасы сынаг едиляркян, гисми бошалма вя онунла мушайят едилян газ, тцстц, сяс вя с. кими яламятляр олмамалыдыр. Беля олдуьу заман щямин элементляр уьурла сынагдан чыхмыш щесаб едилер.

Изолйасийада апарылан сынаглар даьыдыжы олмайан, профилактик вя даьыдыжы сынаглара бюлцнцр. Онун цццн яввялжя

дабыдыжы олмайан профилактик сынагларла, сонра ися йцксяк эярэинлик сынаглары вя сынаг эярэинликляриня аид стандартларла таныш олаг.

10.1.1. Профилактик сынагларын ясас мясяляляри

Профилактик сынаглар нятижясиндя електрик верилиш хяттляри вя йарымстансийаларын етибарлылыг вя фасилиясиз ишлямясини тямин едян тядбирляр планлашдырылыр. Хятт вя йарым стансийа изоляаторларынын вязиййяти бцтювлцкдя енерьи ситемляринин етибарлылыгына тясир едирляр. Она эюря дефектли изоляаторларын вахтында ашкар едилмяси вя дйишдирилмяси буюцк ящямийят кясб едир.

Кечмишдя бу вя йа диэяр изолясийанын етибарлылыг критерийасы, онларда сырадан чыхмаларын тезлийи иля тйин олунурду. Онларын сябябляри дя, сечилиян истимар вя тямир усулларынын ясас критерийалары кими гябул едилирди. Лакин гязайа эятирян имтиналар, тямирляр чох зийанлы вя бащалы бир просес олурду. Чцнки завод, фабрик, шящяр, кянд вя диэяр ишлядигтлярин ритми вя енерьи тязжизаты позулурду.

Профилактик сынагларын тятбиги иля зядяли изолясийанын вахтында ашикар едилмяси вя дйишдирилмяси гяфлятян баш верян гязаларын вя ачылмаларын гаршысыны алыр. Профилактик сынаглар даща аз мясряфляря нормал ишляр, эцж дефисити шяраитляри вя артыг йцклянямяляр заманы олан ачылмалардан шябякяляри гуртарыр. Нятижядя аваданлыьын гяза ачылмалары, бош дайанмалары вя пландан кянар тямир ишляринин дя сайы азалыр.

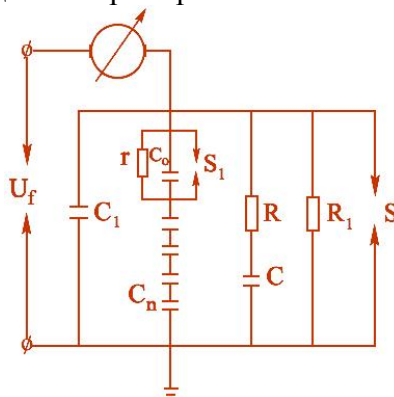
Изолясийанын дцзляндирилмиш жярйян гурьулары иля апарылан сынаглары эениш йайылмыш цсуллардандыр. Бу сынаг гурьуларына ашаьыдакы элементляр дахилдир: -лазыми гядяр эярэинлик верян дйишян жярйян трансформатору, трансформатор эярэинлийини дйишдирян тянзимляйижи гурьу, эярэинлик дцзляндирижи вя нязарят юлцц жищазлары.

Профилактик сынаглар ццн сечилмиш дцзляндирижи гурьулар уйьун чыхыш вя эцж параметрляриня малик олмалыдырлар. Дцзляндирижи гурьулар сечилрякян, сынаг олунан нцмуняйя верилян эярэинлийин 100 кВ, жярйяанын 5-10 мА гиймятляри вя сабит жярйян дцзляндирижиляринин 700 ВА эцжцнцн олмасы лазымдыр. Трансформаторун эярэинлийи, сынаг нцмуняляри ццн сечилиян ян буюцк щяддя уйьун эютцрцлмялидир. Сынаг гурьуларынын дйишян эярэинлик тяряфдя гиймяти, сынаг эярэинлийиндян $\sqrt{2}$ -дяфя кичик олур.

10.1.2 Профилатик синаг үсүллари

Профилатик сынаглар заманы истифада едилян усуллар, мцхтялиф изоляаторлар цццн характеристик олан зядялярин айдынлашдырылмасына уйбун сечилир. Йцксяк эярэинлик лабораторийалары изолясийанын сынабы цццн лазым олан мцхтялиф аваданлыгларла, мясялян изолясийанын сятщинин нямляндирилмяси, чиркляндирилмяси, сцни йаьыш вя с. кими гурьуларла тяжщиз олунур. Йцксяк эярэинликлярдя изолясийанын сынаг характеристикаларыны ялдя етмяк цццн, верилян эярэинлийин дцзэцн юлчцлмяси дя ясас шяртлярдяндир. Бу бахымдан, йцксяк эярэинлик лабораторийалары хцсуси гурулуша вя дягиглийя малик юлчц жищазлары иля тяжщиз олунурлар.

Профилатик методлар вя дефектляри айдынлашдыран електрик явяз схеми шякил 10.1.1-дя эюстярилир.



Шяк.10.1.1. Сынаг олунан изолясийанын електрик явяз схеми U_f - тятбиг едилян фаз эярэинлийи, J_1 -изолясийанын юлчцляриня мцтянасиб олан щяндяси тутуму, J_0 - J_n тяркибдяки изолясийа элементляринин електрик тутумлары, r - дефектли изоляаторун мцгавимяти, C_1 -дефектли изоляаторун эквивалент гыьылжым бошалма мясафяси, R вя J изолясийанынабсорбсыйа будаьы, C - бошалма эярэинлийиня уйбун олан аралыг.

Цмуми шалда дефектляр йыьжам (изолясийанын гисмян дешилмяси, чатлар, кечирижи изляр вя с.) вя пайланмыш характерли (нямлянмя, чирклянмя, фарфорун буюцк щяжмдя мясамяляри вя с.), дахили вя харижи олурлар.

Дефектлярин бир гисми йцксялдилмиш эярэинликля сынаглар заманы, эярэинлик пайланмасына эюря (мясялян, чатлар), диэярляри ися мцгавимятин юлчцлмясиндя (мясялян, нямлянмя, чирклянмя вя с.) ашкар едилир. Бир нечя дефекти ейни заманда ашкар едян вя йа сынагдан сонра

садыя дягигляшдирилмяси галан методлар даща сярфялидир. Асма вя дайаг, кечид изоляиторларынын профилактик сынаглары ашааыдакылардыр:

а) изоляисийа мцгавимятинин юлчцлмяси;

б) эярэинлик пайланмасынын юлчцлмяси;

в) йцксялдилмиш эярэинликля сынаглар;

г) гисми бошалмаларын юлчцлмяси;

д) дайаг сцтуну вя асма изоляитор зянжириндя эярэинлик пайланмасынын юлчцлмяси;

е) механики сынаглар вя долайы нязарят методлары

J_1 -тутуму олан биринжи будаг, йцкляня жярйяаныны характеризя едян щяндяси тутуму эюстярир. Дюврянин икинжи будааы чох элементли дайаг изоляитор сцтуну вя йа изоляитор зянжирясинин щяндяси тутумларыны вя эярэинлик пайланмасыны эюстярир. Щякилдя J_0 тутуму хятт изоляисийа зянжири вя йа дайаг сцтунунда бир ядяд дефектли изоляисийа элементиня малик олдуууну эюстярир. Изоляиторда олан дефект ися, икинжи будааа дахил олан C_1 бошалма аралыаы вя p мцгавимяти иля эюстярилир. Икинжи будаг щям дя, изоляисийа элементляри цзя эярэинлик пайланмасыны эюстярир. J тутуму, P мцгавимяти дахил олан цццнжц будаг изоляисийада гейри биржинслилик, лайлара айрылма, нямлянмя вя чиркляняни эюстярир. Бу дювря абсорбсийа жярйяанынын башланьяж гиймяти, азалма заман сабитини вя диелектрик иткисини эюстярир. Дюрдцнжц будааын P_1 мцгавимяти изоляисийанын сабит жярйяана вя 50 Щс эярэинликдяки сызма жярйяанына гаршы мцгавимятини эюстярир. C бошалма аралыаына малик олан бешинжи будаг изоляисийанын дешилмя эярэинлийини характеризя едир.

Йухарыда эюстярилян профилактик сынаг методлары вя юлчцлян параметрляр, изоляисийанын верилмиш електрик схеминдяки будаглардан бириня уйьун олдууу вя сынаглара щансы йолла нязарят едилмясиня аиддир. Мясялян, изоляисийанын мцгавимятинин вя йа сызма жярйяанынын юлчцлмяси, P_1 вя йа p мугавимяти олан будааа нязарят едилмясиня уйьун эялир. Юлчмялярдя абсорбсийа асылылыаы нязря алынарса, нятижялярин J вя P кямиййятляр бирляшдирилмиш будагла уйьунлуууну эюстярир. C_1 аралыаында йаранан гыьылжымлар ися, гисми бошалмалара уйьундур. Изоляисийанын дешилмяси, тятбиг едиян йцксяк эярэинлик тясириндян, C эквивалент бошалма мясафяси олан будааа уйьун эялир.

10.1.3. Absorbsiya hadisəsi. Izolyasiyaya nəzarət

İzolyasiya elementlərini təşkil edən dielektriklər fərqli dərəcədə qeyribircinsliliyə malikdirlər. İdeal bircinsli tərkibdə dielektrik almaq mümkün deyildir. Müxtəlif xüsusi keçiricilikləri (γ_1 və γ_2 olan), dielektrik nüfuzluluqları isə ϵ_1 , ϵ_2 və paylanmış defektlərə malik olan ikiqatlı izolyasiyanın sxemi şəк.1.3.2 a)- da göstərilmişdi. Мялүмдур ки, гатлардан бири нямлянмиш оларса, даща буюцк диелектрик нцфузлулуьу вя кечирижилийя малик олар. Сабит эярэинлик тясир етдикдя, абсорбсийа йцкляринин изолийасийа гатлары араснда z - гядяр електрик йцклярини топланыр (1.3.8).

Яэяр изолийасийа биржинсли тяркибья малик оларса, $P_1\mathcal{J}_1=P_2\mathcal{J}_2$ вя $\epsilon_1/\gamma_1=\epsilon_2/\gamma_2$ вя $p \rightarrow \infty$, $\Delta\mathcal{J}=0$ олар шяк.1.3.2 б). Нятижядя айдын олур ки, бу щалда абсорбсийа йцклярини йаранмыр. (1.3.8) формуласына эюря биржинсли сашядя $z=0$ олар. Шяк.1.3.2 в) явяз схеминя эюря, гейри биржинсли изолийасийанын сабит эярэинлийя гошулмасы иля изолийасийадан кечян жярйан замана эюря ашаьыдакы ганунла дйишир:

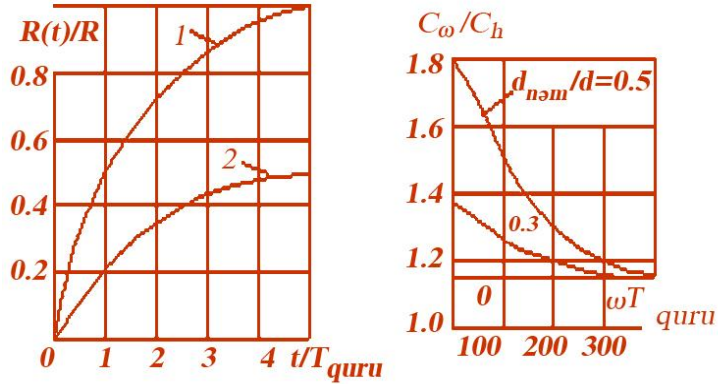
$$i(t) = \frac{U}{R} + \frac{U}{r} \cdot e^{-t/T} \quad (10.1.1)$$

бурада $T=p \cdot \Delta\mathcal{J}$ –заман сабитидир. (11.1.1) формуласында изолийасийанын щяндяси тутум йцкц (йер дйишмя жярйаны) нязярдян атылмышдыр.

(10.1.1) формуласынын экспоненциал ганунла сюнян топлананы *абсорбсийа жярйаны* адланыр. Биринжи топланан- U/P ися, гярарлашмыш жярйан вя йа бир баша кечирижилик жярйаны адланыр. Кечид просесиндя изолийасийанын замана эюря дйишян мцгавимяти ашаьыдакы кими щесаблиныр:

$$R(t) = \frac{U}{i(t)} = \frac{R}{1 + \frac{R}{r} \cdot e^{-t/T}}. \quad (10.1.2)$$

Шяк.10.1.2–дя мцгавимятин дйишмя яйриляри верилмишдир:



Шяк.10.1.2.Изолясийа мцгавимятинин шяраитиндя замана эюря дйишимяси 1-гуру, тутумун 2-нямли вязиййят

Шяк.10.1.3 Нямлянмя изолясийа гатында тезлик асылылыбы

Яйрилярдян эюрцнцр ки, изолясийанын мцгавимяти вя онун дйишмя сцряти, нямлянмиш изолясийада гуру изолясийага нисбятян даща аздыр. Гуру вя нямлянмиш изолясийанын бу характеристикалары нямлянмяйя нязарят цццн истифадыа едилир. Сынагларда $P(m)$ –нин бцццн асылылыбы чыхарылмыр. Изолясийанын вязиййятиня нязарят мегаомметр васитяси иля 15 сан - P_{15} вя 1 дйг - P_{60} ярзиндя юлчмялярля тййин едиля биляр. Бу щалда P_{60} мцгавимятинин мцтляг гиймятинин P_{15} – я нисбяти кими ашаьыдакы абсорбсийа ямсалы тййин едилир:

$$K_{abc} = P_{60}/P_{15} \quad (10.1.3)$$

Тяжрцблялярля мцййянляшдирилмишдир ки, изолясийанын нямлянмя дяржясинин сон щядди $K_{abc} > 1,3$ нисбятиндя олмалыдыр. $K_{abc} < 1,3$ олмасы ися изолясийанын щяддиндя артыг нямлянмяси демякдир. Бу щалда електрик аваданлыьыны ишлятмяк олмаш.

Изолясийанын ашаьы мцтляг мцгавимяти тякжя онун нямлянмяси заманы дейил, щям дя щядсиз чирклянмя, чатлар вя дяликляр кими йыьжам дефектлярин олдуьу щалларда да мушацидя едиля биляр.

Дйишян эярэнликлярля изолясийаынын кейфиййятиня нязарят ися, онларда тутумун юлчцлмяси иля апарылыр.

(1.3.6) ifadəsindən görünür ki, izolyasiyanın ekvivalent tutumu tezlikdən və zaman sabitindən T asılıdır. T izolyasiyanın nəmlənmə dərəcəsiindən asılı olduğundan tezlik artdıqca C_{ω}/C_h izolyasiyanın qeyribircinslilik dərəcəsiində daha güclü artımlara malik olur. Şək.11.1.3.–də verilmiş C_{ω}/C_h əyrisi izolyasiyanın nəmlənmə qalınlığına görə tezlik asılılığını izah edir. Təcrübələrdə tutumların ölçülməsi $f_2=50$ Hz və $f_1=2$ Hz tezliklərdə

aparılır. Bu zaman temperatur $10-30^{\circ}\text{C}$ arasında və sabit qiymətdə olmalıdır. Ölçülən C_{50} və C_2 tutumları biri-birinə yaxın qiymətlərdə olarsa, izolyasiya keyfiyyətlidir. Təcrübələr göstərir ki, yaxşı və quru izolyasiyada $C_2/C_{50} > 1.3$ olur.

10.1.4. Yüksək gərginlik sınaqları

Dəyişən gərginliklərlə aparılan sınaqlar, daxili ifrat gərginliklər təsiri ilə izolyasiyanın etibarlılığını təyin edən təcrübələrə aiddir. Bunun üçün Sənaye tezlikli yüksək gərginlik qurğuları lazımdır. Sənaye tezliyi ilə yanaşı, sabit və impuls şəkilli gərginlik verən sınaq qurğuları da vardır.

İzolyatorların sınaqları quru, təmiz və nəmlənmiş, çirkli olan hallarda aparılır. İzolyasiyanın nəmlənmiş və çirkələnmiş halda aparılan sınaqları, ən ağır şərait üçün işçi gərginliklərdə iş qabiliyyəti və etibarlılıq dərəcəsini göstərir.

Kommutasiya impuls gərginliklərlə sınaqlar, müsbət və mənfi qütblü impulslarla aparılır.

Aperiodik impuls: cəbhə müddəti 250 ± 50 mksan, impuls müddəti 2500 ± 500 mksan olan gərginlik formasında götürülür. Qısa olaraq $50/2500$ mksan kimi işarələnir. Xətt izolyasiyası $4000/7500$ mksan müddətli sönən gərginlik impulsları ilə sınaq edilir. Birinci maksimuma qədər gərginliyin cəbhəsinin müddəti 1000 mksan və tam impuls müddəti 2500 mksan olur. Sınaqlar həm quru-təmiz, həm də nəmli-çirkli şəraitlərdə aparılır. Kommutasiya impulsları ilə aparılan sınaqları, dəyişən gərginliklə olan sınaqlarla əvəzləmək olar.

Istismarda elektrik qurğularının izolyasiyası işçi gərginlik, daxili və atmosfer gərginliklərin təsirlərinə məruz qalırlar. Təsirlərə görə aparılan sınaqlar zamanı, elektrik möhkəmliyi verilən gərginliyin qiyməti və təsir müddətindən asılı olur. DÜİST1516-1-76, 1516-2-76-li Dövlət standartlarında transformatorlar, aparat və ayrılıqda sınaq olunan izolyatorlar üçün cədvəllər verilir. Elektrik möhkəmliyini atmosfer təsirləri və başqa səbəblərdən asılılıqlarını nəzərə alaraq, daxili və atmosfer ifrat gərginliklərə uyğun olaraq sınaq gərginliklərini normalaşdırırlar.

İmpuls sınaq gərginliklərinə, boşaldıcılar və ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcıları ilə azalan ifrat gərginliklərə görə düzəlişlər edilir. Sınaqlar, $1,2/50$ mksan-lik standart impuls və $2-3$ mksan-lik kəsilməmiş impuls ilə aparılır. İzolyasiya səviyyəsinə uyğun seçilən sınaq gərginliklərinə və məhdudlaşdırıcı qurğulara göstərilən tələblər seçilərkən, ifrat gərginliklərin hesab qiyimətləri əsas götürülür:- $U_{hes\ imp}$. Ona görə tam impuls üçün, ifrat gərginliyin hesab qiyiməti $U_{hes\ imp}$, kV-la ventil boşaldıcılarının və İGM –in qalıq gərginliyindən asılı olur. $3-220$ kV quru izolyasiya üçün impuls hesab qiyimətləri aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$U_{hes\ imp}=1,1 \cdot U_{qal}+15 \quad kV \quad (10.1.4)$$

burada U_{qal} , 5-14 kA–lik koordinasiya cərəyanına uyğun olan gərginlikdir.

İmpuls hesabat gərginliyinin qalıq gərginliyinə nisbətən artımı, avadanlıqda gərginliyin yüksəlməsindən asılıdır. Boşaldıcılardan müəyyən məsafədə quraşdırılmış elektrik avadanlığı və boşaldıcı dövrəsində yaranan gərginliyin qiyməti arta bilər. Bunun səbəbi, avadanlığın izolyasiyası (tutum C) – birləşdirici naqillər (L-induktiv) və boşaldıcı (R-C) dövrəsində olan gərginlik rəqsləridir. Məlumdur ki, 330 kV yüksək gərginlikli yarımstansiyalarda boşaldıcıların ölçü transformatorları, aparatlar (açar, ayırıcı) və güc transformatorlarından olan izolyasiya məsafələri xeyli böyükdür. Ona görə, güc transformatorları üçün impuls hesabat gərginliyi $U_{hes\ imp}=1,1 \cdot U_{qal}$, aparatlarda isə, $U_{hes\ imp}=1,2 \cdot U_{qal}$ götürülür.

Elektrik izolyasiyasının koordinasiyasında ventil boşaldıcıların xarakteristikalarını nəzərə almaqla, qısa müddətli kəsilməmiş impuls təsirləri üçün sınaq gərginliklərinin qiymətləri müəyyənləşdirilmişdir:- 3-15 kV-luq avadanlıqlarda, tam impulsdan 20%, daha yüksək gərginlik avadanlıqları üçün isə 25 % artıq qəbul edilir:

$$U_{kəs\ imp}=(1,2-1,25) \cdot U_{hes\ imp}$$

Daxili izolyasiya üçün seçilən impuls sınaq gərginliyi, ildırım ifrat gərginliyinin bir neçə dəfə təkrar təsir etməsi nəticəsində və gizli defektlərin toplanması ehtimalı ilə təyin edilir. Defektlərin toplanmasına “kumulyasiya effekti” deyilir. Onları aşkar etmək üçün impuls hesabat gərginliyinin qiyməti 10% artırılır. Nəticədə elektrik avadanlığının daxili izolyasiyası üçün sınaq gərginliyi $1,1 \cdot U_{hes\ imp}$ kmi götürülür. Təsirlənmə dolağı olmayan transformatorlarda impuls sınaq gərginlikləri $0,5 \cdot U_{nom}$ qədər artıq, tikilmiş polietilen (TPE) izolyasiyalı kablərdə isə, $U_{sınhes}=3.47 \cdot U_{sınımp}+40$ kV götürülür.

Cədvəl 10.1.1-də impuls sınaq gərginlikləri verilmişdir. Bu qiymətlər normal atmosfer şəraitinə aiddir. Sınaqlar zamanı şərait dəyişərsə, impuls sınaq gərginliklərinin qiymətlərində dəyişiklik edilir.

Normal izolyasiyalı avadanlıq üçün impuls sınaq gərginlikləri

Cədvəl 10.1.1

Nominal gərginliklər, kV		İzolyasiyada impuls sınaq gərginliyinin maksimal qiyməti, kV	
		Daxili izolyasiya	Xarici izolyasiya
Nominal gərginlik	Ən böyük işçi gərginlik	Aparatlar və cərəyan transformatoru	Ayrı sınaq olunan izolyatorlar
6	7,2	57/70	60/73
10	12	75/90	80/100
20	23	120/150	125/158

35	40,5	180/225	195/240
110	126	425/550	480/600
150	172	585/760	660/825
220	252	835/1090	950/1190
330	363	1100/1300	1200/1400
500	525	1500/1800	1600/1950

Qeyd: Cədvəldə verilmiş sürətdəki rəqəmlər tam, məxrəcdəki rəqəmlər kəsilməmiş impuls sınaq gərginliklərinə aiddir.

Sənaye tezlikli sınaq gərginlikləri, izolyasiyaya daxili ifrat gərginliklərin təsirinə görə və koordinasiya üçün tətbiq edilir.

Xarici izolyasiya impuls sınaq gərginliyi üçün avadanlığın dəniz səviyyəsindən 1000-2000 m yüksəklikdə və 40⁰C-ə yüksək temperaturalarda işləməsi nəzərə alınır. Normal temperaturdan hər 3⁰C istilik artımı üçün 1% və 1000 m-dən hər 100 m hündürlük üçün də 1% izolyasiya səviyyəsi artırılır. Başqa sözlə, göstərilmiş temperatur və yüksəklik həddləri üçün, xarici izolyasiyanın sınaq gərginliyi $U_{hes\ imp}/0,84$ qəbul edilir.

Sınaq gərginliyi verilmiş gərginlik sinfinə görə, avadanlığın daxili ifrat gərginliyinə əsasən seçilir, $-U_{hes\ dax}$:

$$U_{hes\ dax} = k_{if\ bb} \cdot U_{imp\ max} \quad (10.1.5)$$

Burada $k_{if\ bb}$ –daxili ifrat gərginliyin buraxıla bilən qiymətidir, cədv. 10.1.2.

Cədvəl 10.1.2

<i>Kəmiyyətlər</i>	<i>Neytralı izolə edilmiş şəbəkələr</i>			<i>Neytralı torpaqlanmış şəbəkələr</i>			
	<i>3,6-10</i>	<i>15-20</i>	<i>35</i>	<i>110-220</i>	<i>330</i>	<i>500</i>	<i>750</i>
U_{nom}							
$K=U_{\text{ənbis}}/U_{nom}$	1,2	1,2	1,15	1,15	1,1	1,05	1,05
$K=U_{\text{ifrgər}}/U_{\text{ənbf}}$	4,5	4,0	3,5	3,1	2,7	2,5	2,1

$U_{imp\ max}$ – avadanlığın daxili izolyasiyasının sınaqlarında 1 dəq müddətində verilən gərginlikdir. Bu sınaq gərginliyi daxili ifrat gərginliklərdə yaranan impuls kimi nəzərə alınır. Çünki, qısa müddətli təsir zamanı elektrik möhkəmliyinin artması, “kumulyativ effekt” və istismarda izolyasiyanın köhnəlməsi nəzərə alınmalıdır. Ona görə transformator, reaktor, açar və s.-in daxili izolyasiya üçün sınaq gərginlikləri aşağıdakı kimi hesablanır:

$$U_{sin} = U_{hes\ dax} \cdot K_{kum} / K_{imp} \quad (10.1.6)$$

3-35 kV avadanlıqların daxili izolyasiyası üçün $K_{umn}=1,3$, daha yüksək gərginliklərdə 1,35 götürülür. $K_{kum} = 1,1-1,15$ arasında götürülür.

Харici изолыасија қуру вѣ yağишли шѣraitлѣрдѣ синақ edилдиyиндѣн, қуру вѣзиyyѣт ѳчѣн сечilѣн синақ гѣргинликлѣриндѣ, yалныз атмосфер шѣrtlѣринин дѣyiшмѣси илѣ електрик мѣhkѣмлиyинин азалмасы нѣзѣрѣ алынр:

$$U_{q\sin} = U_{hes\ dax} / 0,84 \quad (10.1.7)$$

Yağıшда апарилан синақларда гѣргинлик ашаğıdaki kimi hesabланр:

$$U_{y\sin} = U_{hes\ dax} / (K_{imp} \cdot K_{tez}) \quad (10.1.8)$$

burada K_{imp} -impuls ѣmsalı yağишда 1,1 гѣтѣрѣлѣр, K_{tez} -тѣзиyиқ дѣyiшмѣсини нѣзѣрѣ алан дѣзѣлиш ѣmsalıdır. 1000 m yѣксѣкликдѣ қурашdırılmиш аваданлиқлар ѳчѣн, $K_{tez} = 0,94$ olur. 3-220 kV аваданлиғин фазларарасы изолыасиyasы ѳчѣн impuls синақ гѣргинликлѣринин hesabланмасы vacibdir. Onlar ѳчѣн daxili ifrat гѣргинликлѣрѣ гѣрѣ хѣсуси hesabat синақ qiymѣtlѣри тѣyin edilmишdir, cѣdvѣl 10.1.3.

Бу синифляря аид олан йцксаяк ѣрѣинликли електрик аваданлыбы пццн, фазларарасы изолйасиyасынын дахили ифрат ѣрѣинлийя ѣоря сынагларында $3,5 \cdot U_{анбши}$ гиймяти ѣютцрцлцр. Узун иллярин реал тяжрцби нятижялярина уйьун олараг БЕК тяряфиндян тювсийя едилян вя бццн юлкялярдя кечярли олан стандарт сынаг ѣрѣинликляри вардыр.

(10.1.3-10.1.5) жядвялляриндя верилмиш гиймятлярдя импульс вя сянйѣ тезликли сынаг ѣрѣинликляри тѣйин едиляркян апаратын ѣйни гцтблц ачыг контактлары арасында ифрат ѣрѣинлик йаранмасы нязря алынмышдыр. Бу заман ифрат ѣрѣинлик йаранан контактын якс тяряфиндя ѣрѣинлийин башга гцтблцкдя олмасы да нязря алынмышдыр.

Цмумийятля фазлар арасы изолйасиyа, фазла йер арасында олан изолйасиyа кими сынаг едилир. Бир фазайа тясир едян импульс дальасы диѣяр фазларда да ѣйни ишаряли ѣрѣинлик индуксийалайыр. Она ѣоря фазлар арасы потенсиаллар чох буюцк олмур. Бу заман ѣйни заманда ян пис ецтималда, якс ишаря иля индуксийаланмыш ѣрѣинликля ишчи ѣрѣинлийин тясирини дя нязря алмаг лазымдыр. Тяжрцбяляр ѣюстярик, индуксийаланмыш импульслар вя ишчи ѣрѣинликлярин тясирляри мцййян гядяр бири-бирини компенсасиyа едирляр. Она ѣоря, фазлар арасы илдырым ифрат ѣрѣинликляринин щесабат гиймятляри фаз изолйасиyасынын щесабат ѣринлийиня бярабяр ѣютцрцлцр.

3-220 kV-luq elektrik avadanlığı üçün sənaye tezlikli sınaq gərginlikləri

Cədvəl 10.1.3

Gərginlik sinfi, kV	Ən böyük işçi gərginlik V	Sınaq gərginlikləri					
		Бир дягигя сахланылан сынаг эярэинлийи, кВ			Хариги изолйасийа ццн тятбиг едиян, Сялис артырылан сынаг эярэинлийи, кВ		
У _{ном}	У _{ян бю ши} = к·У _{ном}	Эцж, эярэинлик трансформаторлары вя реакторлар	Апаратлар жэряйан трансформаторлар	Айрылыгда сынаг олуан изолйатор	Гуру вязиййат ццн		Йабыш алтында
					Апарат трансформатор, реактор	Айры сынаг едиян изолйатор	Аппарат трансформ. вя хариги изолйатор
3	3,6	18	24	25	26	27	20
6	7,2	25	32	32	34	36	26
10	12	35	42	42	45	47	34
15	17,5	45	55	57	60	63	45
20	24	55	65	68	70	75	55
35	40,5	85	95	100	105	110	85
110	126	200	250	265	280	295	215
150	172	230(275)	320	340	320(355)	375	290
220	252	325(400)	470	490	465(520)	550	425

Гейд: мюцтяризясиз рягямляр БЫ груп бошалдыжылар васитяси иля васитяси иля мяцдудлашдырылмыш дахили ифрат эярэинлик ццн, эцж трансформаторлары вя шунтлайыжы реакторларына сынаг эярэинликляриня аид гиймятлярдир.

3-35 kV şəbəkələrdə HX ilə bərabər KX-i də çox işlədilir. KX atmosfer təsirlərindən mühafizə və təcrid olduqlarından, kəbellərin izolyasiyasına qoyulan tələblər daxili ifrat gərginliklə təyin olunur. Ona görə belə qurğuların izolyasiyası yüngülləşdirilmiş tərzdə hazırlanır. Onlar üçün sənaye tezlikli sınaq gərginlikləri normalaşdırılır.

330-750 kV –луг електрик аваданлығы үчүн, сәнайе тезликли сынаг эярэинликляри :

Жядвял 10.1.4

Эярэин- лик синфи, кВ	Ян бюйүк иичи эярэинлик,к В	Сынаг эярэинликляри						
		Бир дягигя сахланылан сынаг Эярэинлийи, кВ			Харижги изолйасийа үчүн тятбиг едилян вя Сялис артырылан сынаг эярэинлийи, кВ			
У _{ном}	У _{янбюиши} = =к·У _{ном}	Эүж, эярэинлик трансформ аторлары вя реакторлар	Апарат, жярйа н трансф ормато рлары	Айрылы гда сынаг олунан изолйат ор	Гуру вязиййят үчүн		Йабыш алтында	
					Апарат трансфрма тор, реактор	Айры сынаг едилян изолйа -тор		Аппарат трансформа тор вя харижя гурашдырыл- мыш изолйатор
		Эювдя иля фазлар арасы	Фазлар арасы		Эювд я иля	Фаз арас ы		
330	363	460	575	630	670	875	700	550
500	525	680	830	800	900	1250	900	740
750	787	900	-	950	1050	1700	1050	900

Yeni standartlara görə 330-500 kV-luq elektrik avadanlıqları kommutasiya sınaq gərginliklərinə görə sınaq edilir. Şunt reaktorlarının daxili izolyasiyası uzun müddətli təsir edən sənaye tezlikli gərginlik və qismi boşalmaların intensivliyinin ölçülməsilə sınaq edilirlər. Üzvi quruluşlu dielektrlərdə qismi boşalma olduğu hallarda sınaqlara istilik deşilmə sınaqları aparılır.

Щямин тьяклифляря эюря ашабыдакы жядвял верилир.

Жядвял 10.1.5

Номинал эярэинлик синфи, кВ- ла	1 дьигя сахланылан сынаг эярэинлийи, кВ			Харижи изолйасийа цццн сялис артырылан эярэинлик, кВ	
	<i>Эцж трансфо рма- торлары</i>	<i>Апарат, реактор, жяряйан, эярэинлик трансформа торлары</i>	<i>Айры сынаг олунан изолйато р</i>	<i>Трансформ.реакто р, аппарат вя изолйатор</i>	
				<i>Гуру вязийят</i>	<i>Йаьыш алты</i>
3	10	13	14	15	10
6	16	21	21	23	18
10	24	32	32	35	26
15	37	49	48	53	42
35	95	84	105	95	98

10.1.5. Йцксяк эярэинликли сынаг гурулары

Бир гайда олага йцксяк эярэинликли сынагларда истифадя олунан гурулар тьяк фазлы олурлар. Сынаг трансформаторларынын бир фазлы щазырланмасында ясас мягсяд, йцксяк эярэинлик гуруларынын щяр фазасынын айрылыгда сынаг едилмясидир. Она эюря йцксяк эярэинлик долаьынын бир чыхышы олур. Долаьын диеяр ужу трансформаторун нцвясиня вя йа эювдяси иля торпагланмайа бирляшдирилир. Сынаг трансформаторларында йцксяк эярэинлик долагларынын изолйасийасы йаь-каьыз вя бакелит цилиндрлярдян ибарят бир гурулуша вя йахшы изолйасийайа малик олур. Она эюря сынаг заманы бошалмалар нятижясиндя йаранан ифрат эярэинликляр сынаг трансформаторларын юз изолйасийасы цццн горхулу олмур. Йцксяк эярэинликли аваданлыгларын изолйасийасыны сынагдан кечирян гуруларынын юзляри лазыми гядяр эярэинлик, эцж вя жяряйан параметрляриня малик олмалыдырлар. Ищчи эярэинлийи 3-220 кВ аваданлыгларын сынаглары цццн эярэинлийи 20-550 кВ олан гурулар, 500 кВ аваданлыглар цццн ися, 1200 кВ-дуг сынаг гурулары лазымдыр.

Сынаг трансформаторларынын эцжч чыхыш эярэинлийи вя сынаг олунан изолйасийадан кечян узун мцддятли жяряйанын гиймятиля тьяин едилир. Тяжрцбляляр эюстярир ки, тутуму 1 мкФ-а йахын олан аваданлыгларын сынаглары цццн эярэинлийи, 100-150 кВ, чыхышыда жяряйаны 0,2-0,3 А олан трансформатор лазымдыр. 500-750 кВ

эярэинликли аваданлыгларын сынаглары цццн ися, сынаг трансформаторларынын долаглары 0,5-1 А жярйанлара щесабланыр.

Йцксяк эярэинлик сынаглары заманы, сынаг трансформаторларынын икинжи тяряф долабындан тутум жярйаны ахыр. Бу жярйан сынаг олуан объектин тутумуна мцтянасиб олур:

$$I_c = U_{\sin} \cdot \omega C \cdot 10^{-6} \text{ А} \quad (10.1.9)$$

Бурада $I_{ж}$ –тутум жярйаны А, $Ж$ - сынаг олуан аваданлыбын тутуму- $\mu\text{к}\Phi$, U_{\sin} –сынаг эярэинлийи кВ-ла олур. Онда сынаг трансформаторунун эцжц ашабыдакы кими щесабланыр:

$$P = U_{\sin}^2 \cdot \omega C \cdot 10^{-3} \text{ кВА} \quad (10.1.10)$$

Жюрцндцйц кими эцжцн щесабаты сынаг олуан объектин тутмундан асылы олур. Жядвял 10.1.6 – да бир сыра електрик аваданлыбы вя аппаратларынын тутум параметрляри эюстярилмишдир.

Йцксяк эярэинликли электротехники гурью вя аваданлыгларынын електрик тутум параметрляринин жядвяли

Жядвял 10.1.6

Но	<i>Аваданлыбын типн вя эцжляри</i>	<i>Тутум , $\mu\text{к}\Phi$-ла</i>
1	<i>Трансформаторлар вя ачарларын чыхышлылары, жярйан трансформаторлары, кичик габаритли електрик мццяррикляри</i>	$(0,05-1) \cdot 10^{-3}$
2	<i>20 МВА эцжцня гядяр олан йаьлы трансформаторлар</i>	$(2-10) \cdot 10^{-3}$
3	<i>20 МВА-дан йухары эцж трансформаторлары вя 100 кВА-дан йцхары мццяррикляр</i>	$(10-100) \cdot 10^{-3}$
4	<i>15 МВА эцжцндя вя 6,3-10,5 кВ эярэинликли турбоэенераторлар</i>	0,08
5	<i>60 МВА эцжцндя вя 6,3-10,5 кВ эярэинликли турбоэенераторлар</i>	0,25
6	<i>170 МВА эцжцндя, 20 кВ эярэинликли турбоэенераторлар</i>	0,32
7	<i>50 МВА эцжцндя вя 10,5-15,75 кВ эярэинликли цидроэенераторлар</i>	0,64-0,57
8	<i>105 МВА эцжцндя, 13,8 кВ эярэинликли цидроэенераторлар</i>	0,94
9	<i>1,5-15 МВА эцжцндя 6,3-10,5 кВ эярэинликли синхрон компенсаторлар</i>	0,1-0,11
10	<i>30-75 МВА эцжцндя вя 10,5 кВ эярэинликли синхрон компенсаторлар</i>	0,344

Сынаг трансформаторларынын юзляринин сынаглары заманы, нязря алынган ясас хцсусийятлярдян бири онларын гыса мцддятли иш реъимляридир. Щесабат вя лайищялярдя долагларда атмосфер ифрат эярэинликлярин тясирляринин олажаабы нязря алынмыр. Лакин, сынагдан кечирилян изолясийа сынаг заманы дешилдикдя, дюврядя гыса гапанма олмасы вя бу заман жярйянын чох буюцк гиймятляр чатмасы нязря алыныр. Бунлары нязря алараг, сынаг трансформаторларынын садя принципя ишляйян лазыми сойутма системляри, кифайят гядяр електрик мюцкямлийи олан долаг изолясийасы лайищяляндирилир. Бунлара бахмайараг чыхыш эярэинлийинин йцксяк олмасы сябяби иля, долагларын електрик мюцкямликляри вя онларын габарит юлччляри эцж трансформаторларына нисбятян кичик олур.

Сынаг заманы изолясийанын дешилмяси иля йаранан ифрат эярэинликлярин тясири тутум щялгяляри, экранлар вя с. кюмякчи электродлар васитяси иля арадан эютцрцлцр. Бу мягсядя долагларда сарыыларын илк гатларында изолясийа эцжляндирилир. Жярйян сычрайышларыны мящдудлащдырмаг мягсяди иля, сынагдан кечирилян изолясийанын дешилмя дюврясиня ялавя мцгавимятляр гошулур. Ялавя мцгавимятин гиймяти орта щесабла сынаг эярэинлийинин щяр 1 В-на 0,5-1 Ом арасында эютцрцлцр. Мясялян, 10 кВ цццн 5-10 кОм олур, 110 кВ цццн 55-110 кОм вя с. олажагдыр.

11. İZOLYASIYANIN İFRAT GƏRGİNLİK MÜHAFİZƏSİNİN ƏSAS PRINSİPLƏRİ

Мцщафизя апаратлары електрик гурьуларынын изолясийасы цццн тящцкцяли олан атмосфер вя йа коммутасийа ифрат эярэинликляринин гаршысыны алыр. Онларын тясир принципи, ищчи эярэинликлярдя гурьунун нормал ишиня мане олмур. Ян бясит мцщафизя, садя бошалма аралыглары иля щялл едилир. Бу мцщафизя гурьусу, хятт тяряфдян изолясийа конструсийаларына паралел гошулмуш *гыбылжым аралыыдыр* - ГА. Изолясийада гювля юртцлмя вя йа бошалма баш вермямси цццн, ГА-нын волт-санийя характеристикасы мцщафизя олунан изолясийанын волт -санийя характеристикасындан ашааыда олмалыдыр щяк.11.1.3. Лакин садя ГА иля мцщафизя, ифрат эярэинлик импульсу кечдикдян сонра, номинал эярэинликля давам едяряк щябьякдя даща буюцк гязайа сябяб олан мцщашийят едижи жярйян йарада биляр.

11.1.1. Мцщафизя цсуллары. Гурьу вя апаратлар

Йцксяк эярэинлик апаратларынын мцщафизия усуллары юзцндя бир неча мцщцм мясяляляри бирляшдирир. Бурайа цяр шейдян яввял реле мцщафизия вя автоматика иля апарылан усуллар аиддр. Onlar qəza və QQ rejimləri üçün qurulmuş normal mühafizələrdir və əsasən cərgəyana görə təsir göstərilər. Bizim fənnin programında bu tip mühafizə üsullarına baxılmayacaqdır. Burada artıq avadanlığa qədər gəlmiş və bir başa izolyasiyaya təsir edən yüksək gərginlikdən mühafizəyə baxılır. Atmosfer ifrat gərginliklərinə aid boşaldıcılar ənənəvi rele mühafizəsindən daha səld (1-5 mksan) təsir edirlər. Daxili ifrat gərginliklər üçün olan RVMQ tipli boşaldıcıların təsir müddəti 2 mksan çəkir.

Дахили вя илдырым ифрат эярэинликлярдян изолясийанын мцщафизияляринин бир чох гурью вя аваданлыглары мювжуддур. Атмосфер тясирляринин гаршысыны алмаг мягсяди иля мцстягил дайанан диряк тип илдырым ютцярянляр вя хятт мяфтиллери цяриндян чякилмиш трос шыкилли мцщафизия гурьюлары истифадя едилирляр.

6(10)-35 кВ електротехники гурью вя авадаглыгларын мцщафизия усулларындан бири хятт тяряфдян аваданлыьа паралел гошулан *садя бошалма аралыгларыдыр*. Електрик верилиш щава хяттляринин мцщафизиясиндя ян чох бору бошалдыжылары истифадя едилир.

Йарымстансийаларын електрик аваданлыьынын хятт тяряфдян эялян импульс дальаларындан ясас мцщафизия апаратлары ися, вентил бошалдыжыларыдыр.

11.1.2. Бору бошалдыжылары

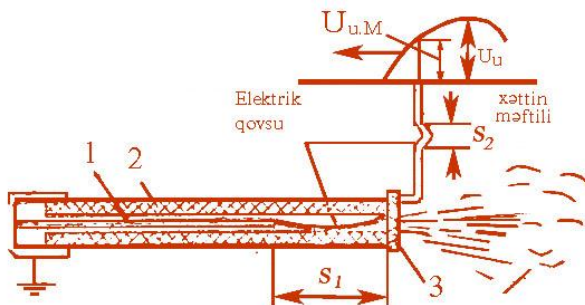
Хяттлярин илдыгым мцщафизияси цццп ян чох бору бошалдысыларыг истифадя едилир. Бору бошалдысыларыг сядя qurulusha маликдирляр. Онларда iki :- хариси вя daxili qюvs аралыqlарыг олу, шяк 11.1.1. Бошалдысынын гювдяси fibra (RTF markалы бошалдысыларыг ясасы) вя ya viniplastdan (RTV markалы бошалдысыларыг ясасы) hazыrlаныг. Няг iki materialын, qюvs вя istilik тяsirиндян divarларындан qaz аугылма хассяси вардыг. Борунун дахилиндя илдыгым бошалмасынын yaratдыьы qюvs юзяйиндя айрылан истилик тясириндян, borунун divarларындан газ айрылыр. Дахилия dolan qазын тязуюи бир неча атмосфера чатыр. Бу заман qюvs борунун daxili тязуюи иля, борунун эиришиндяки 3-електродунун ачыг олан тяряфиня йюнялир вя орадан кяпага атылылыр.

Бошалдысыларыг markalanmasында сягяуанып ашаьы вя ухагы qюvмятляриня сягяд qoyulur. Bunun сягяби, ашаьы сягяуанда yaranan qюvsцп kifayət qядяг тязуюи yaratmасы, ухагы сягяуан цццп ися йаранан тязуюи борунун divагыны partlatmamasы шяrtидиьг. Мясялян, markalarda RTF

10/0.5-2.5 вә уә RTV 6/0.8-4 гүөстәрилir. Биринжи рәгәм әрәинлийи, кәсрин мяхрәжиндә биринжи рәгәм бошалдыжынын минимал икинжи ися максимал жәрәйяныны әүөстәрилir. Ашәбәдакы шәкildә бору бошалдысылагынын конструсийасы вә prinsipial sxemi verilmişdir шәк.11.1.1.

Бошалдысыда қойулан биринчи S_2 аралыбы онун normal ишчи гәргинликдән аугылмасы, икинчи S_1 аралыбы ися, тограқланмыш арха divar гапабы иля, хәттә бирләшән дәйikli elektrod арасында daxili мяsafәни тәшкил едир шәк.11.1.1. Бу аралыг дахили бошалма аралыбы вә йә гүөс сүндүрүжү аралыгдыр. Impuls даһасы гәйдикдә яввялә биринчи аралық- C_2 , sonra ися икинчи - C_1 аралық дешилir. Бору хәтт мяфтилиндән C_2 аралыбы иля айрылыр, якс шәлдә хәтт әрәинлийи шәмишә боруйә тәсир едәрәк, онун материалынын даими газ айырмасына вә сызма жәрәйянынын тәсири иля даһылмасына сәбәб оларды. Илдыгым даһасы кечдикдә S_1 аралыбы дешилir, yaranan қуөвс борунун daxilindә қаз ауығарақ тәзүйи артыгыр вә тәсир кечдикдән sonra арха тограқланмыш elektrodдан уерә ютүгүцү.

Бору бошалдыжылары шәбәкәдә елә нүөгтәләрә гурашдырылыр ки, гыса гапанма жәрәйянларынын шәмин нүөгтәләрә йәратдыбы максимал вә минимал гиймәтләри иля бошалдыжыларын ашәбә вә йухары жәрәйян диапазонлары арасында уйбунлуг олсун. Бу мягсәдлә бошалдыжынын ачдыбы жәрәйян диапазону иля, онун гурашдырылдыбы нүөгтәдә йаранан гыса гапанма жәрәйянлары мцгайисә едилir. 110 кВ вә йцксяк әрәинлик шәбәкяләрindә бир вә йә цч фазлы гыса гапанмаларын там жәрәйяны, бору бошалдыжысынын ачма жәрәйянын максимал гиймәтиндән ашәбә олмалыдыр ки, йаранан гүөс тәсирindән айрылан газын тәзйиги бошалдыжынын диварыны партлатмасын. Шәбәкянин гыса гапанма жәрәйянынын ян кичик гярарлашмыш гиймәти ися бошалдыжынын ашәбә жәрәйян шәддиндән бүйүк олмалыдыр ки, йаранан гүөс тәсирindән айрылан газын тәзйиги гүөсцн кянара атылараг сүнмясинә кифайәт етсин.



Шяк. 11.1.1 Бору бошалдыжынын принциал схеми

Беяликля илдырым импульсу тясир етдикдя бошалдыжынын шяри ики аралыбы дешилир вя бу заман онун харижи сятци цзя дешилмяси баш вермир. Чцнки харижи сятц цзя дешилмя эярэинлийи, аралыгларын дешилмя эярэинликляриндян буюцкдцр. Бошалма каналы иля ейни заманда шябякянин нормал ишчи жярйяны да кечир. Буна «мцшайят еджи жярйян» дейилир. Бошалдысы ишлядикдя q_{ovs} , onun яvvяldя qoyulmuş дяlikli elektrod юvhяsindяn кяnаrа атылыг. Bu zaman hadisя gurultu вя q_{ovs} pаgыltысы иля мцшahидя edilir. Бошалдысынын дяlikli elektrodundan pцskцряn q_{ovs} 2-3 m uzunluqda мясафядя кяnаrа атылыг. Она гюря boru бошалдысылары montaj edildikдя onларын дяlikli elektrodлары хяття paralel шяклидя qoyulur.

Бору бошалдыжыларында ишчи мцгавимят йохдур. Бу сябябдян онларын мцщафизя тясирляри йалныз волт-санийя характеристикалары иля тйин олунур. Бу характеристикалар жядвяллярдя $m_{\text{бон}}=2$ мксан –ик минимал импульс бошалма эярэинликляри кими верилир. Импульс бошалма эярэинликляри бору бошалдыжыларынын дахили вя харижи бошалма аралыглары иля тйин едилир. Дахили аралыг бошалдыжынын гювс сюдцрмя хассясиня эюря гойулур вя тянзимлянмир. Она эюря, бошалма эярэинлийинин дяйишдирилмяси харижи аралыбын тянзимлянмяси иля апарылыр. Харижи аралыбы дяйишмякля даща ефектив мцщафизя гурмаг олур. Лакин бунун да бир шядди вардыр ки, ондан кичик гойулмуш аралыг ишчи эярэинликдя гисми бошалмалара сябяб ола биляр. Бундан башга, кичик аралыглар бору бошалдыжыларынын тящлцкясиз олан илдырым эярэинликляри вя шяття дахили ифрат эярэинликлярдя дя тез-тез лцзумсуз ишлямясиня сябяб олур вя онлары сырадан чыхарыр. Бея щалларда реле мцщафизяси дя лцзумсуз вя йанлыш йеря шябякяни ачыр. Бея ачылмаларда трансформатор долаглары, гыса гапанма режимлярия дцщцр вя йаранан динамики тясирлярдян жидди зярярляр эюрцр.

Бору бошалдыжыларынын кяскин волт-ампер характеристикасы вя онун дяликли электродундан пцскцрян гювс, йарымстансийя аваданлыбынын мцщафизяси цццн истифадя едилмясиня имкан вермир. Бу сябябдян онлар ясас етибары иля йарымстансийалара эялян хяттлярин горхулу йахынлашма мясафясиндя, илдырым мцщафизяси цццн ишлядилир.

11.1.3 Ventil boşaldıcıları və qeyrixətti gərginlik məhdudlaşdırıcıları İGM

Stansiya və yarımstansiyaların yüksək gərginlikli elektrik avadanlığını ifrat gərginliklərdən mühafizə etmək üçün RVS tipli ventil stansiya boşaldıcılardan istifadə edilir. Boşaldıcıların əsas işçi elementləri:-daxili boşalma aralığı və onunla ardıcıl olan qeyrixətti ventil müqavimətləridir şək.11.1.2. İmpuls və sənaye tezlikli ifrat gərginlik keçdikdə onlarda müəyyən qalıq gərginlik meydana çıxır. İzolyasiyanın koordinasiyasına görə qalıq gərginlik mühafizə olunan avadanlığın izolyasiya səviyyəsindən 25%-ə qədər az olmalıdır. Qeyrixətti elementlərin üst örtüyü SiO_2 ($\rho=10^6$ Om m) özəyində SiC-karborund ($\rho=10^{-2}$ Om m) tərkiblərindən ibarət olur. Gərginlikdən asılı olaraq, müqavimətin kəskin azalması və bu zaman böyük cərəyan keçirməsi, aşağı gərginlikdə isə, müqavimətin artması ilə cərəyanın kəsilməsi “ventil” xassəsi yaradır.

Hazırlanmasına görə “vilit” və “tervit” elementlər mövcuddur. Birləşdirici kimi şüşə istifadə edilir. Vilit disklərin birləşdiricisi asan əriyən şüşə ilə $300^{\circ}C$ temperaturda bişirilir. Tervit $1000^{\circ}C$ -dən yuxarı istilikdə bişirildiyindən onlarda üst SiO_2 qatı pozulur. Bu səbəbdən onların cərəyan buraxma həddi $1500A$ –a qədər artır, vilit üçün bu $300 A$ -dir.

Ventil boşaldıcıları xətlərə boşalma aralıqları ilə birləşdirilir. Boşalma aralığı elə seçilir ki, sahə birincisliyə yaxın olsun.

Ventil boşaldıcıları *qalıq gərginlik, sönmə gərginliyi, mühafizə əmsalı* və *sönmə əmsalı* kimi parametrlərlə xarakterixə olunurlar:-*qalıq gərginlik* qeyri xətti rezistorlarda qiyməti $5-14$ kA həddində olan impuls *koordinasiya* cərəyanlarına uyğun olan gərginlik düşküləridir. Sönmə gərginliyi birləşli qısa qapanmada sənaye tezlikli xətti gərginliyin söndürülməsinə kifayət edən cərəyana uyğun gərginlikdir: $U_{sön}=k_{yer} \cdot U_{nom}$. Burada k_{yer} –şəbəkənin neytral rejimindən asılı dəyişən əmsaldır. Neytrali izolə edilmiş şəbəkələrdə $k_{yer}=1,1$; neytrali torpaqlanmış şəbəkələrdə isə $0,8$ qəbul edilir.

Mühafizə və sönmə əmsalları aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$K_{muh} = U_{qal} / (\sqrt{2} \cdot U_{son}) \text{ kimi,} \quad (11.1.1)$$

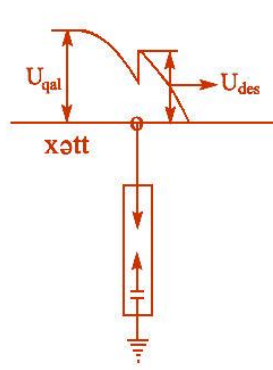
$$\text{Sönmə əmsalı : - } k_{son} = U_{des} / U_{son} \text{ olur.} \quad (11.1.2)$$

Ventil boşaldıcıları rezistor müqavimətlərinin qeyrixəttilik dərəcəsi artdıqca, qalıq gərginlik və boşaldıcının mühafizə əmsalı azalır. Eyni zamanda, qeyrixətti müqavimətin dəyişməz Volt-saniyə xarakteristikasında sönmə cərəyanı böyük olduqda qalıq gərginliyi azalır şək.11.1.3.

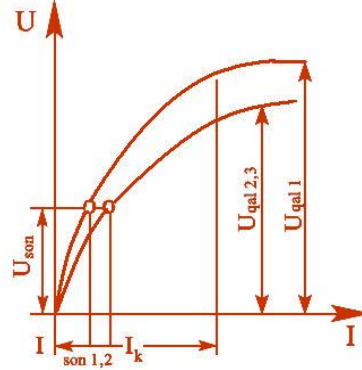
Mühafizə əmsalı təkcə qeyrixətti rezistor müqavimətlərindən deyil, həm də sönmə cərəyanının qiymətinə təsir edən qığılcım aralığından asılı olur. Loqarifmik koordinatlarda rezistorların Volt-Amper xarakteristikası- $U=A \cdot I^{\alpha}$, iki sınıq xətt parçası ilə aşağıdakı kimi göstərilir:

$$\lg U = \lg A + \alpha \cdot \lg I \quad (11.1.3)$$

burada A sabit, α rezistorun gərginlik və cərəyanı arasında qeyrixəttilik əmsalındır. Boşaldıcıların Volt-Amper əyrisinin başlanğıc zonası müşayətedici cərəyan qiymətlərinə uyğundur. Bu zonada qeyrixəttilik dərəcəsi az olur. Vilit üçün 0,28-0,3, tertvit üçün 0,35-0,38 qiymətlərində olur.



Şək.11.1.2. Ventil boşaldıcısının Qoşulma sxemi. Boşaldıcı işlədiyi anda gərginliyin dəyişmə əyrisi



Şək.11.1.3. Ventil boşaldıcısının rezistorunun Volt-Amper xarakteristikası fərqli qeyri xəttlilikləri, 1 və 2 sönmə cərəyanlarına uyğun qiymətlərdir.

Böyük cərəyanlarda qeyrixəttilik dərəcəsi artır. Vilit üçün 0,11-0,2, tertvit üçün 0,15-0,25 olur. α əmsalının kiçik qiymətində əyri cərəyan oxuna az meyilli, böyük qiymətində isə çox meyilli olur. Az meyillilik qalıq gərginliyi doyma halına keçirir.

Qeyri xətti ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcıları İGM atmosfer və daxili ifrat gərginliklərdən mühafizədə daha çox istifadə edilir. İGM-in işçi elementi ZnO_2 -dən hazırlanmış dairəvi diskşəkilli müqavimətlərdir. ZnO_2 ventil xassəsinə yaxın xarakteristika ilə işləyirlər. Xaricdən mühafizə üçün onlar silikon gövdələr, farfor və şüşə içərisinə yerləşdirilir. İGM ardıcıl birləşmiş kolon sxem yaradır. Onların xarici izolyasiyası, normal izolyator səthinə nisbətən daha çox boşalma məsafəsinə malikdirlər. Bu ifrat gərginlikdə, xarici örtüyün deyil, içəri yığılmış müqavimətlərin işə düşməsinə təmin edir. Onlar bir tərəfdən işçi gərginlikli şəbəkəyə, digər tərəfdən isə topraqlanmaya qoşulur. Yüksək gərginlikli şəbəkəyə birbaşa qoşulmasına baxmayaraq, qeyrixətli rezistorlar işçi gərginliklərdə sonsuz müqavimət göstərərək yerə axan cərəyanı kəsirlər. İfrat gərginliklərdə isə bu elementlər qeyrixətli bir asılıqla müqavimətlərini kəskin azaldır və yerə ötürülən cərəyanını yolunu açırlar. Bu avadanlığın mühafizəsini təmin edir.

Qeyrixətli xarakteristika daxili və atmosfer ifrat gərginliklərinə görə koordinasiyaya və işçi gərginlik sinfinə uyğun seçilir. 330–750 kV gərginliklərdə İGM tətbiqi ilə daxili ifrat gərginliklər üçün koordinasiya edilən izolyasiyanı səviyyəsini 10-15 % azaltmaq mümkündür. Yüksək gərginlikli

və böyük güclü energetik obyektlərdə belə azalmalar kapital qoyuluşunda xeyli qənaətə səbəb olur.

11.1.4. Илдырымдан мцщафизиянин илдырымютцрян гурьулары

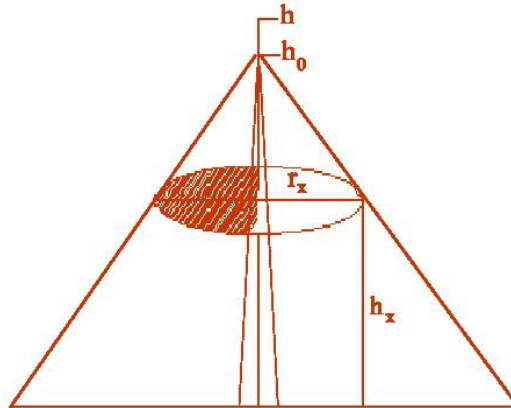
Дейилидийи кими, *А·Б·Щ* - ен, узунлуг вя щцндцрлцк юлццлярина малик йььжам яразилардя тикилян йарым стансийа вя стансийаларын илдырым мцщафизияси цццн мцстягил дайанан диряк тип (*чубугшыякилли илдырымютцрян*) илдырым ютцрянляр истифадя едилир, шяк.11.1.4. 110-330 кВ шябьякя йарымстансийаларда онларын щцндцрлццц 28-36 м арасында олур. Илдырым ютцрянля мцщафизия олунан обьектин щцндцрлцкляр фяргиня илдырым ютцрянин актив щцндцрлццц дейилир (*иц-ицх*). Илдырым вурма ещтимал характерли бир щадисядир. Тяжрцбдя 0,05 вя 0,005 ещтималлы щесабатлар истифадя едилир. Илдырым щадисясинин мцщафизия зонасы мцщафизия олунан яразинин радиусу- p_x вя орада йерляшмиш ян ужа аваданлыьын йцксяклийи- $иц_x$ арасында бир щяндяси фязя йарадыр. Бу щяндяси гурма цццн, p_x вя $иц_x$ арасында ещтимал характерли ифадя йазылышы мювжуддур.

0,05 еhtималлы hesabatlapa гюря, илдыгым ютцрян цурьулар olsa беля, 0,1 еhtималлы илдыгым вуран яразилардя һяг 200 илдян бир илдыгым дцщмя еhtималы доьгу олажацдыг. 0,005 еhtималлы щесабатларла тьяин едилян p_x вя $иц_x$ цццн ися, бу ифадя даща аз илдырым вурманы (2000 илдян бир), эюстярир:

$$\left. \begin{aligned} h_0 &= 0,85 \cdot h \\ r_x &= (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right) \end{aligned} \right\} \quad (11.1.4)$$

0,05 еhtималлы hesabatlarda :

$$\left. \begin{aligned} h_0 &= 0,92 \cdot h \\ r_x &= 1,5 \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right) \end{aligned} \right\} \quad (11.1.5)$$



Шяк.11.1.4. Тяк илдырым ютүрүянин мүһафизя зонасынын һесабатына аид
sхem

İki ildırımötürән arasında $\Pi_{\text{илд вур}}=0,005$ ещтималлы илдырым вурма үчүн:

$$h_{\min} = \begin{cases} h_0 & \ell \leq h \text{ oldugu halda} \\ h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} h)(\ell - h) & \ell > h \text{ olduqda} \end{cases}; \quad (11.1.6)$$

$\Pi_{\text{илд вур}}=0,05$ ещтималлы илдырым вурмалар цццн:

$$h_{\min} = \begin{cases} h_0 & \ell \leq 1,5h \text{ oldugu halda} \\ h_0 - 0,14(\ell - 1,5h) & \ell \geq 1,5h, \text{ olduqda} \end{cases};$$

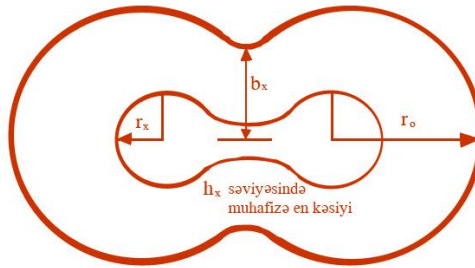
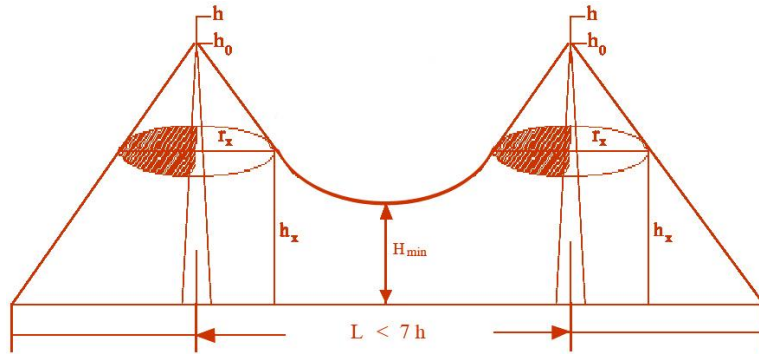
$$d_x = \begin{cases} r_x & \ell \leq 1,5h \text{ oldugu halda} \\ r_0 (h_{\min} - h_x) / h_{\min} & \ell > 1,5h \text{ olduqda} \end{cases} \quad (11.1.7)$$

Çox hallarda Y/St -nın və digər obyektlərin ildırım müһafizəsi үçүн 3-4 və daha çox ildırım ötürән quğular тәрбиқ edilir şək.11.1.6. Birlikдә işləyән 2 ildırım ötürәнinin müһafizә zonası, ayrılıқда olan 2 әдәд тәк ildırım ötürәнләрин müһafizә zonasından böyük olur şək.11.1.5. Onların arasında dairәvi qovuşan zonaların kәşişmәsi və orta нөқтәдә yaranan nazik müһafizә zolağı һesablanmalıdır (d_x və h_{\min}). Bu zolağın әn dar yerindә eni və һәmin yerә uyğun гәлән minimal müһafizә һүндүrlüyü h_{\min} olur. Hesabatlarda әvvәlcә (11.1.4, 11.1.5) ifadәләрдән r_x тәyin edilir. d_x –i isә c/ω_a нисбятиндян аслыл олараг, d_x/ω_x кими верилян щесабат яйриляриндян вя йа емпирик ифадялярдян [24]-я ясасян тяйин едирляр.

Шяк.11.1.6 – да цчбужабын тятя нюгтяляриндя йерляшдирилмиш илдырымютцрянлярин мцщафизя зонасы верилмишдир. Бу щалда мцщафизя зонасы ашаабыдакы кими ифадя олунур:

$$D \leq 8h_a \cdot p \quad (11.1.8)$$

бурада $u \leq 30$ м цццн $n=1$, $u > 30$ м цццн $p = 5,5/\sqrt{h}$ кими гябул едилир. Д цч нюгтяйя эюря гурулмуш чеврянин, горума зонасынын, ян буюцк диаметридир.



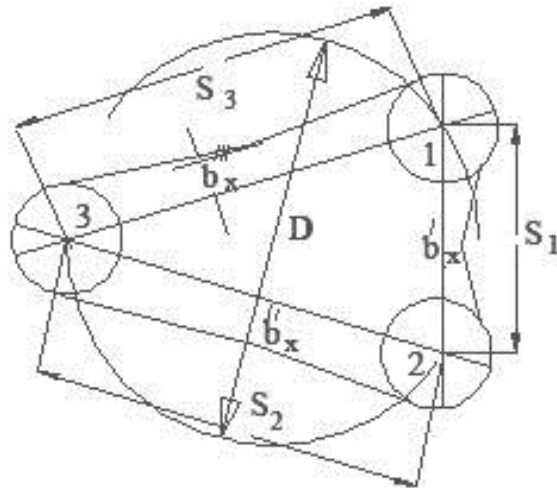
Шяк. 11.1.5. Ики илдырым ютирянин мцщафизя зонасы $u_{мин}$ – илдырымютцрянляр арасында ян кичик ццндирлицк, д-щямин ццндирлиця уйбун, йер сятциндя олан ян дар мясафядир

Горума саясыннин мяркязиндя йерляшян минимал йцксяклийин гиймяти - $h - \frac{D}{8} \cdot \frac{1}{p}$ кими щесабланыр. Мцщафизя чеврясинин кянарында

олан саяляр ики илдырымютцрянин йаратдыбы мцщафизя зонасынын щесбатына уйбун апарылыр.

Йухарыда дейилдийи кими ЕЮХ-ин мцщафизяси цццн тротлар истифадя едилир. Адытян 220 кВ вя даща йцксяк эярэинликли електрик

ютцрцжц шава хяттляринин изолясийа сывийяси йарымстансийа аваданлыбынын изолясийа сывийясиндян буюцк олур. Чцнки хяттляря нисбятян йарымстансийа аваданлыбынын сывийясинин артырымасы щям техники щям дя игтисади жящятдян сярфяли дейилдир. Она эюря йарымстансийа хятт тяряфдян эялян импульс дальасынын формасы вя гиймяти (юлчцсц) изолясийа сывийяси иля тьяин олунур. 110 кВ хяттлярдя изолясийанын импульс електрик мюцкямлийи нисбятян аз олдуьундан онлар ян чох кясилмиш, 220 кВ вя йцксяк эярэинликлярдя ися там импульс формасында олурлар. Месялян, илдырымын трос, хятт мяфтили вя йа дайаба вурмасындан асылы олагаг 330 кВ-да онларын ещтималы 50 % -ли олур. Йяни щям там, щям дя кясилмиш формалы илдырым дальалары иля щесабатлар апармаг лазым эялir.



Шяк.11.1.6. Цч илдырым ютцяринин мцщафизя зонасыынын щяндяси гурма схеми.

12. ЙЦКСЯК ЭЯРЭИНЛИК КАБЕЛЛЯРИ. КАБЕЛ МУФТАЛАРЫ

12.1.1. Йцксяк эярэинлик кабелляри вя муфталар щаггында цмуми мялумат

Эцж кабелляри изоля едилмиш кечирижи дамалары, мцщафизя юртцйц вя хцсуси щалларда лент вя йа даиряви полад мяфтиллердя ибарят зирещи олан конструксийалардыр. Кабел муфталары ися, електрик енерьи ютцрцлмясинин етибарлылыбына билаваситя тясир едян вя ян чох истифадя олунан, важиб изолясийа говшаьыдыр. Йцксяк эярэинликли кабелляр истещсал едиляркян, завод аваданлыбынын

технология характерна уйбун оларга мцяйян *тикinti узунлугларында* бурахылырлар.

Електрик хяттляри кабел ва кабел арматурлары иля гурулур. Кабел арматурлары ашаыдакы 4 група бюлцнцр:

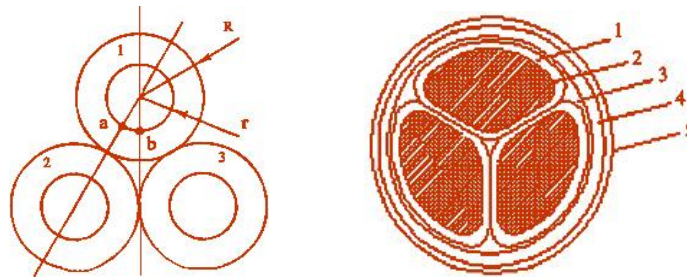
а) бинада ва ачыг атмосферда монтаж едилян кабеллярин сонлуг арматурлары,

б) кабеллярин мцхтялиф тикinti узунлугларыны юз араларында бирляшдирян муфталар,

ж) кабел хяттляринин сексиалашдырылмасы ва йа йаь дурдуржу муфталар,

е) кабел хяттляриндя йаьын ва йа газын тязйигини верилмиш щаддлярдя сахлайан тязйиг арматурлары.

Кабелляр ва онун элементляри бцтювлцкдя йцксяк еластиклийя ва чевиклийя малик олмалыдырлар ки, онлар барабанлара асанлыглар сарыныб-ачылсынлар. Барабанларда кабелляр ращат дашыныр ва чякилишляри асан олур. Чякилиш заманы кабеллярин айры-айры тикinti узунлуглары *бирляшдирижи муфталар* васитяси иля бирляшдирилир. Дуру йаьла сойудулан кабеллярин чякилиш трасында рельеф фярги олдуга йаьын ашаы ахмасыны ва мцяйян узунлуглар арасында йаьын тязйигини сахламаг цццн, сексийалашдыржы (йаь дурдуржу) муфталар истифадя едилир. Шякилдя яняяви конструксийалы дамар, дамар ва гуршаг изолясийасына малик олан 6-35 кВ эярэинликли эцж кабелляринин эюрцнцщц верилмишдир Шяк.12.1.1. Дяйишян эярэинлик щава ва кабел хяттляри big тягяфдяп йарымстансийа аваданлыглары ва digөг тягяфдяп ишляджиляря бирляшдирилэряк шябякя уарадырлар. Уцкскз rejimдя sabit elektrik sahяsindя kabellяrin iшi, дяуишян гяrginlik kabellяrin elektrik sahяsиня охшайыг. КХ – дя elektrik, parametrlяri яsasяn tutum ва кечирicilikдяп ibarят схем kimi гютцгцлцр.



Шяк.12.1.1. Яняяви формалы, цч дамарлы 6-35 кВ кабеллярин изолясийа щесабат схеми ва конструксийасы

Lakin, damarларын Coul itkisi hesabына qызмасы, izolyasiyanыm хцсуси електрик кечирчилигини radiusдан асылы оларақ дэушдир. Temperaturun мцяууяn intervallarda артымы kabellяrin plastmass izolyasiya кечирчилигинин експоненсиал қанунла артмасына сысбьяb olur. Кабыз izolyasiyalы kabellяrdя isя кечирчилек temperaturдан асылы оларақ дэушм. Kabellяг гягинлик sinfi, konstruksiyasы вя тъяинатларына гюгя bir чох qruplara бюлцнц. Мяллумдур ki, telefon, komputer, уаnqын щяйяжан signaly, kamera вя televiziya signallары цццn olan kabellяг вя s. зяif сыгяуанлы, йцксык tezlikli kabellяг qrupuna aiddirляг. Onlarda тъяb olunан яsas texniki parametr signallарын фаза дэийишмяси вя сынмяsinin minimal hяddляrdя олмасыдыг. Бу parametrляг hямин kabellяrin secilяn хцсуси izolyasiyasы, damarлары, ekranлар вя digяr konstruktiv хассялэги иля яldя edilir.

12.1.2. Кабел хяттляри. Кабеллярин тяснифаты вя маркалары

Дэийишян эярэинликли ЩХ-ня нисбятян йцксык эярэинликли кабел хяттляри аз истифадя едил. Азярбайжанда йалныз бир ядяд, ики дювряли, 21 км узунлуьунда 110 кВ (Даьлыг-Мцщфиг йарымстансийалары арасында), йаь долдурулмуш кабел хятти иля енерьи ютцрцлмяси реаллашдырылмышдыр. Бу кабел кабыз изолясийалы, гилафлы вя зирещли алчаг тязийгли МНСК маркалы кабелдир. Икинжи кабел хятти 36 км узунлуьунда олан 35 кВ-луг Бақы- Нефт дашлары маэистрал хяттидир. Бу хятт ХЛПЕ изолясийалы, 3·150 мм² кясийиндя олан мис дамарлы кабелля чякилмишдир. Щяр ики кабел даиряви зирещя маликдир.

ИЕЖ вя ВДЕ 0255 стандартларына эюря кабыз изолясийалы кабелляр *НАКРА* иля маркаланыр вя йа мис дамарлы олдугда *НКРА* иля маркаланыр:- *Н* –мис дамар, *К*- гурьушун гилаф, *Р*- даиряви зирещ, сонунжу *А*-битумлу ьгут мцщафизя юртцйцнц эюстяр. Пластик изолясийалы Поливинилхлорид (Протодур –ПВЖ щярфи ишаряси *Й* иля йазылыр Инсулатион) вя йа Полиэтилен (Полийэстер-ПЕ ишаряли) кабелляр ися, ВДЕ 0271 стандарты иля *НЙЩСЙ*- *С* щярфи мис экран олдуюну эюстяр. Кабел зирещли олдугда *НЙЩФЭБЙ* иля маркаланырлар. *Н*-кабелин мис дамарлы, *Й*- изолясийанын поливинилхлорид, *Щ*-дамарын цстцндя електрик сащясинин бярабярляшдирижи экраны олдуюну, *Ф*-галванизли, лент шыкилли полад зирещ, *Эб*-йасты полад зирещи, сонунжу *Й* –ПВЖ шланг олдуюну эюстяр. *НАКБА* маркасы дамарын алиминум, изолясийасынын ися щопдурулмуш кабыз олдуюну, *К*-гурьушун гилаф, *Б*-лент шыкилли полад зирещ, *А*-битумлу жгут мцщафизя юртцйц олдуюну эюстяр. *НАКБЙ*-маркасы да ейни иля охунур, лакин сона йазылмыш *Й* цст мцщафизя

юртцйцнцн *ПВЖ* олдуьуну эюстярир. Русларда истещсал едилян, бунлара уйьун орта 6(10) кВ вя йцксяк 35-110 кВ эярэинликли эцж кабелляринин маркаланмасы ашаьыда верилмишдир.

Elektrik шьявкьялягиндя енержинин, мянбядян нисбятян аз узацлыгда олан ишлядицлягя ютццлмьаси цццн, гцс kabellягi istifady edilir. Техники-игтисади сямьряси цццн бу kabellяг hям гьягинлийин, hям дя сьгьяуанын кифаьят қьдьяг уцксяк қиумьтлягиня hesabланьг. Onlar bir вя ya bir печя сьгьяуан кечириси damarlardan ibarят олуьлар. Damarlar biri-birиндян вя yердян хусуси тьякбилди dielektrik materiallarla izolya edилirlяг. Izolya edilмиш damarlar ялавя оларақ қуршақ izolyasiyasы иля қуршадылыг. Kabellяг вя onun буццн elementлягi кифаьят қьдьяг чевиклийя malik олмалыдыг ки, дашыман zaman onлагы barabana сагьымақ, хьтти ишлядикдя ися дцзгцн olmayan trasda asанлыqlа чькмяк мцмкцн olsun. Она гюгя гцс kabellягинин damarлагы чохлу sayda бурулмиш нақиллягдян hazырланьг.

Щесабатларда яввялжя тьяхмини олараг верилян жьряйана вя йа йцкя эюря кабеллярин дамарларынын ен кьсийи тьйин едилир. Пластик вя резин изолясийалы кабелляр цццн :

$$S = 0,02 \cdot I^{1,6} \quad (12.1.1)$$

Пластик изолясийа аморф маддя олдуьундан онларын дягиг яримя температуру йохдур вя гьздырылдыгжа йумшалараг тьдрижян ярийирляр. Пластик изолястйалы кабеллярин ишчи температурлары (70-80⁰ Ж) каьыз изолясийаьа нисбятян (50-65⁰Ж) буюцк омур. Резин изолясийалы кабелляр ися, 65⁰Ж ишчи температурасына малукдирляр.

Каьыз изолясийалы кабелляр цццн дамарын ен кьсийи :

$$S = 0,012 \cdot I^{1,6} \quad (12.1.2)$$

Тьяхмини щесабатлардан сонра ися, стандартлара эюря олан йахын юлчцляр эьбул едилир.

Сьгьяуан кечигьн damarлагын чькиси, чькилиш zamanы вя ya barabana сагьындыьы zaman yaranan dartы ццввялягi kabellягин izolyasiyasына тьsir edir. Она гюгя kabel izolyasiyasына чевикликля уанашы, уцксяк механики мюхкямлик дя lazымдыг. Кабелин изолясийа елементи вя онун галынлыьы, онларда дешилмя эярэинлийиня гаршы олан електрик мющкямликляринин, истимарда йарана билян ян буюцк тьсир едижи сацья эярэинлийиндян йцксяк олмасы шьртиндян тьйин едилир.

Onлагын цзягиндян metal вя ya plastik qilaf, zireh, мцћафизя юртцклягi вя s. kimi konstruktiv elementляг чькилir. Чькилмиш ялавя elementляг kabellягя мцћтълif тьуинatlarda istifady etмяуя imkan verir. Мьясян, zirehляг аьыг механики шьртлягдя, аьыг техниканын intensiv хьягкьяти олан yerлягдя, suалты чькилишлягдя, кимуьви аqressiv мцћитдя вя s.-дя lazым олан bir elementdir. Qilaf kabel izolyasiyasынын keyфиуьyatини saxlayan, уаьын ахтмасын

яңгаллауяп, тьркибин стабиллийини тьмин едяп бир конструксиа элементидир. Конструксианьын бу ясас элементляги иля уанашы кабеллягдя ялавя *сыфыр* вь *торпаqlама наqилляри*, *doldurucu* вь *кипляудириси* кцтля, *ekranlar* вь с. дя olur шьк.12.1.1 а), б), с). Дюрд дамарлы кабеллягин ясас faz дамарлагы шьк.12.1.1 с) сектор, даирьви вь seqment формалы ола бильг. Сьгьяуан кечириси дамарлагьын ясас funksiyасы faz сьгьяуанлагымы кечигтьяк вь lazьми енерjини дашьмаьа хидмьт едир. Сыфыр дамарлагындан ись, fazlar qeyri бьрабьг уцкляндиуйи halда уаранан ясас faz сьгьяуанлагымын фьрqi кечир. Она гьогь сыфыр дамагымын ен кьсьуйи ясас дамарлагын уагысына бьрабьг гьютцццг. Сыфыр дамарлагы сьгьяуан мянбьинин нейтральна бирляшдирилir. Дамарларда olan тьк telli мяфтилльгин сауы вь юлццляги ен кьсьуйинь гьогь тьуйн едilir. Мьсьяляп, ен кьсьуйи 25, 35, 50, 70 mm² olan дамарларда явьялсья 6 ядыд паралел мяфтил onлагьын цьзгиндяп ись, 12 ядыд бир qат бурулмуш мяфтил чькilir. Ен кьсьуйи 95, 120 mm² olan дамарларда юзьякдя 7 ядыд бурулмуш мяфтил цьзгиндяп ись 15 ядыд бир qат бурулмуш мяфтилльг гедир. 150 mm² вь daha уцксьяк ен кьсьуйи olan дамарларда юзьякдя уеня дя 7 ядыд бурулмуш мяфтил, ятрафда ись, iki qат бурулмуш 15 ядыд мяфтил чькilir. 95-120 mm² olan дамарларда харись чькилмиш мяфтилльгин ен кьсьуйи дьуйшдириль бильг. 150 mm² вь бьуюцк olan дамарларда ись мяфтилльгин ен кьсьикляги дьуйшмиг.

Торпаqlама мцхьфизьси цццп olan дамарлар кабелдя кьотьякчи элементляг kimidir. Onlar elektrik qurьулагымын гььргинлик алтьнда олмайан метал гьюндьлягинь вь сьгьяуан мянбьлягинин мцхьфизь торпаqlамасы olan контурна бирляшдирилir. Уцксьяк гььргинликли аваданлыqlарда izolyasiyanьын elektrik мьохкьмлийинь qoyulan тьляьбатлар, гццц кабеллягинь дя тьтбьiq едilir. Izolyasiyanьын elektrik мьохкьмлийи артьдыqса кабелин izolyasiya qальпньыьыны азальтмаq мццццкццп olur. Бу zaman истilikотурмь уахшьлашьг, бурaxьла бильн сьгьуаньын qиймьти артьг вь kabel daha чьвик olur. Ньм дь кабелин hazьрланьасына чькильн хьрцльг, метал qьlaf, zireh вь мцхьфизьь ортьуйи учцн material сьрфийуаты азальг.

Ekranlar кабелдь elektrik sahьsinin бьрабьрльшмьsilь, elektromagnit dalьgьлариньын хариси дьврьльрь тьсирльрини арадан qaldьгьг.

Doldurucular кабелин konstruktiv элементльринин arasьны dolduraraq, kabelь lazьми гьорунушь vermьк, mexaniki мьохкьмлийи тьнзимльмьк, артьрмаq вь hermetikлийи тьмин етмьк учцн istifadь едilir.

Qilaflar кабелин daxili элементльрини хариси тьсирльрдьн, kimyьvi аqressiv тьсирльрдьн вь ньмльнмьдьн qоруйулар.

Mцхьфизьь гьртцкльри kabel qilaflариньын хариси тьсирльрдьн вь ньмльнмьдьн qоруйур. 10-35 кV гьргиньликли qьlaf вь zirehли кабелльг montaj zamanь diametrlьринин 15÷25 d mislinь бьрабьр radiusла дьндьрilmьlidir.

Kabellərin azan cərgəryanlar, zəmin korroziyasından mühafizəsi EQQQ və ГОСТ 9.015-74 ilə ТСН–(техники санитар normalar) əsasən qoyulan tələblərə uyğun olmalıdır.

Даиряви дамарлы гуршаг изолясийалы цчфазлы кабеллярдя 1 вя 2 дамарлары арасында эярэинлик хятт эярэинлийиня $-U_x$ бярабяр олдугда, ян буюцк ЕСЭ фа нюгтясиндя мейдана чыхажагдыр. 1 дамарында фаз эярэинлийи U_ϕ –ня бярабяр олдуьу шалда 2 вя 3 потенсиаллары $0.5 U_\phi$ олажагдыр. Бу шалда ян буюцк сащя эярэинлийи б нюгтясиндя олажагдыр.

Максимал сащя эярэинлийи ашаьыдакы формула иля щесабланьр:

$$E_{maks} = U_x \cdot \left(\frac{1}{2\Delta} + \frac{0.18}{r_0} \right) \quad (12.1.3)$$

бурада $\Delta = P - p_0$, мм; U_x -хятти эярэинлик, кВ; p_0 - дамарын радиусу, мм; E_{maks} - електрик сащя эярэинлийи, кВ/мм.

А нюгтясиндя олан максимал сащя эярэинлийини кабел гилафынын тясирини нязрядян атмагла паралел цилиндрляр арасында електрик сащясинин тянлийи иля щесаблаьырлар:

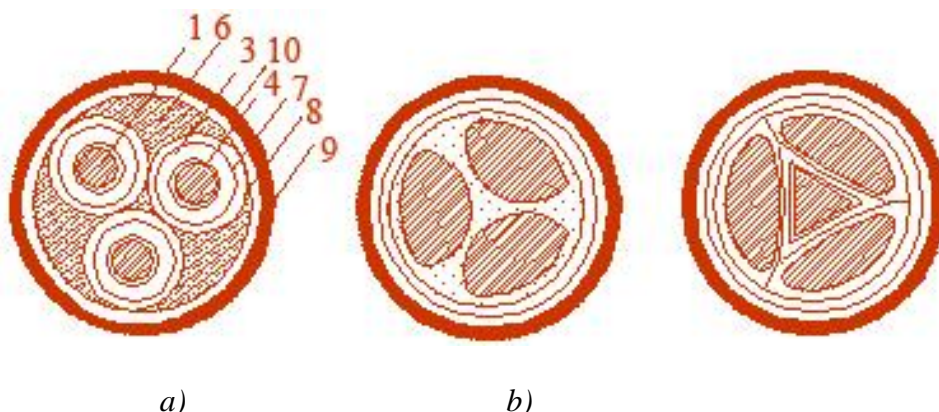
$$E_{a \max} = \frac{U_x \sqrt{\frac{N+1}{N-1}}}{2r_0 \ln(N + \sqrt{N^2 - 1})} \quad (12.1.4)$$

Бурада $H = P/p_0$ -кими гьбул едилмишдир.

Йцксяк эярэинликлярдя дярэжялянмиш изолясийа тятбиг едилир. Бу кабелляр, диелектрик нцфузлулуглары фяргли олан ики гат изолясийадан щазырланьр. Гатларда електрик сащя эярэинлийи радиусун артмасы иля азальр. Бу сьабдян радиусун артмасы иля каьзын галынлыьы артырылыр, диелектрик нцфузлулуьу ися азалдылыр. Изолясийанын галынлыьы ашаьыдакы формула иля щесабланьр:

$$N = \frac{R}{r_0} = kf \cdot e^{\frac{1}{k} \left(\frac{U}{r_0 E_{1h}} - \ln kf \right)} \quad (12.1.5)$$

бурада $p_1 = \phi k r_0$, $k = \epsilon_1 / \epsilon_2$, $\phi = E_{1u} / E_{2u}$ ифадяляриндян тьйин едилир.



Şək.12.1.3. Güc kabellərinin en kəsiyi a) b) ayrı qılafları və qurşaq izolyasiyası olan 3 damarlı kabellər; c) 4 damarlı sektor formalı və üçbucaq formalı sıfır damarı olan kabelin en kəsiyi

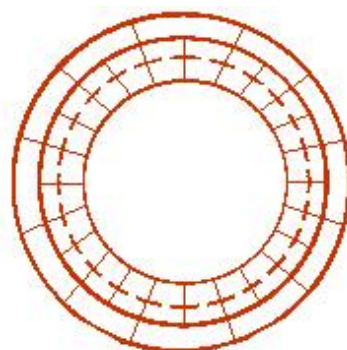
Kabelin konstruksiyasından asılı olaraq daxili yastıq, zireh örtüyü və xarici örtük kimi elementlər olur. Markalanmada kabellər müxtəlif hərflərlə işarələnir. Hərfi işarələrin sırası onların ifadə etdikləri paramaterləri cədvəl 12.1.1–də verilmiş qaydada aydınlaşdırır.

Кабеллярин Rus markalarында olan Q- hərфи – izolyasiyanыm zirehsiz olduьunu (qoьы-örtüklərçылpaq) gюstяrir. ИЕС вя BS (VDE) standartларында markalanmanın buna analoьı olan işarəsi N-dir (Not street), XLPE – çarпаз баьlara малик (X) quruluşda olan polietilenя aiddir. Бу полиетилен гурулуşунда йан тикиşляр маддяя фязя гурулушу верир, електрик хассялярини йцксялдир. L-alcaq тязуіq полиетиленин алынмасынын (lov) texnologiyасына вя нисбятян ашаьы гяrginlikli kabelя işarядир, PE- polietilen izolyasiyasынын адына аид ишарядир.

Уаь doldurulmuş kabel damarлағы, тьгкязиндя ічіндян уаь каналы кечяп konstruksiyada hazыrlаныг. Damarlar iki сырада boru шыkilli konstruksiyadan ibarят olur шык.13.1.4. Мьгкязя уахын olan биринци сырада 12 ядяд Z formalы, onun цстцндя іся, 15 ядяд кьнарлары даирялнmiş (dццбуcaqlы) seqment formalы кечіricілярдяп ибарят olur.

Йаьын тьсириндян горунмаг цццн кабелин бцццн damar тьфтилляги qalayланыр. Гоншу damar мьфтилляги арасындап йаьын izolyasiyaуа кечтьяси цццн Z шыkilli damarлағын кьнарлағымы yуvarlaq шыkildя yonurlар.

Bu kabellяг MNSK кими markalanыг. 270 - 400 mm² en кьсийиня qядяг hazыrlаныг. Daha буюцк en кьсийиндя olan (550-1200 mm²- en кьсийи) MVDT markалы kabellяг boru ічяrisиндя чькиліг. Онларда борунун ичярисиндя 15 атм тязйигли йаь системи олур. Бурада каьзын щопдурулмасы кабелин харижиндяп ичярийя тьряф йаьын нцфуз етмьяси иля баш верир.



Шяк.12.1.4. Йаь долдурулмуш МНСК кабеллярин дамар кясийи

Кабыз вя plasmik izolyasiyalы kabellяrin konstruksiya elementяrinin вя materialларынын һяrfi ишаря вя indeksляриня ауд жядвял

Жядвял 12.1.1

<i>Indeks</i>	<i>Kabelin markasynda indeksin yeri</i>	<i>Indeksin тяуинаты- damar, izolyasiya, qilaf, zireh алты уастық, zireh, хarici юртүк сырасы иля охипур</i>	<i>Kabelin markasy, вя standartы TSE –Турк, ГОСТ-Рус, БС-Инэилис, ВДЕ-Алман, ИЕЖ-Бейнялхалг</i>
<i>A</i>	<i>ГОСТ Ы уердя, ИЕЖвя БС стандарты иля ЫЫ-жси иердя</i>	<i>Aluminium Damar</i>	<i>ААБлу- лент зирец, ААШБу винил шланг,у- мулайим иглим НАКРА</i>
<i>Үохdur</i>	<i>- Н-Зирецсиз (Нот стрее), Русларда Г-голый ишаряси сонда йазылыр- ВВГ вя йа АВВГ.</i>	<i>Mis</i>	<i>АбЛУ, СБУ, ВВГ-(Рус марка ГОСТ) NVV, NYM-PVC izolyasiyalы YXV, YXZ2V- XLPE izolyasiyalы (TSE-9760, VDE-0250, BS-6004, ИЕС-60227)</i>
<i>Оъ (IEC-standart-A һяrfi)</i>	<i>Ишаряnin sonunda</i>	<i>Тяк damarлы</i>	<i>ААБЛУ3х120 (оъ) (IEC-standartы иля –NYAF кими ишарялянир</i>

Щесабатлар шям 50 Щс снаяе тезликли щесабат эярэинликляриня вя импульс щесабат эярэинликляриня эюря апарылыр. Бурада $k=k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$ лайищяляндирилян кабел изолясийасынын галынлыьынын щесабаты

ццн эярэинлик ямсалыдыр: $-U_{hes} = k \cdot \frac{U_{nom}}{\sqrt{3}}$. Burada k_1 -ищчи гяргинлийин

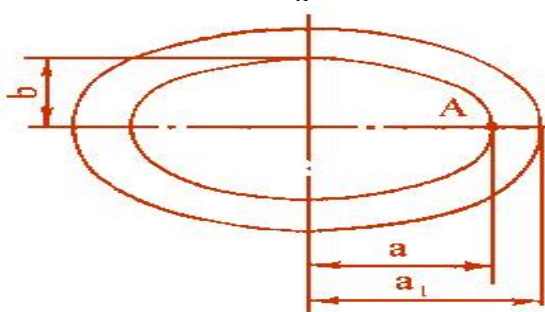
мцмкцн olan артымлагымы нязягя алыр; k_2 – кабел izolyasiyasынын дешилмя гяргинлийинин орта қіумятлярдян фярглянмясини нязягя алыр; k_3 – кабел хяттиндя daxili ifrat гяргинлийин сявиууясини нязягя алыр- 110 kV-а қядяг 3.1, 220-330 kV-да 2.8 қябул edilir; k_4 – уаьын тязуиқи азалдыгда дешилмя гяргинлийинин азалмасыны гюстягир.

Бязян, електрик сашясинин радиаллыьыны сахламаг вя кабелин юлщялярини кичилтмяк мягсяди иля дамарлары овал щякилли щазырлайырлар. Овал щякилли дамарын ян буюцк ЕСЭ –йи овалын буюцк охунун А нюгтяси цзяриндя олажагдыр. Дамарын цстцндя олан ихтийари чыхынты йерли ЕСЭ - нин артмасына сябяб олур.

Кабел хяттляриндя изолясийа мцгавимяти 2500 В – луг мегаомметрля юлщцлцр. Юлчмя дуюрядян ачылмыш вя йцкц бошалдылмыш КХ ццн апарылыр. Метал экраны олмайан, торпагда чякилмиш бирдамарлы кабеллярдя юлчмяляр дамар вя йер арасында апарылыр. Щавада чякилмиш бир дамарлы кабелляр ццн изолясийа мцгавимяти юлщцлмцр. Метал гилаф, юртцк вя йа зирещи олан бир дамарлы кабеллярин изолясийа мцгавимяти дамарла онлар арасында юлщцлцр.

Шяк.12.1.5-дя А нюгтясиндя олан ян буюцк ЕСЭ –нин гиймяти ашаьыдакы кими щесабланыр:

$$E_A = \frac{U}{\rho_A \cdot \ln \frac{\rho + \Delta_a}{\rho_A}} \quad (12.1.6)$$



Шяк.12.1.5. Овал щякилли ен кясийи олан кабел дамары

Монтаъ едилмиш кабеллярин ачыг ужуну йцксяк эярэинлик хяттляри вя авадаңлыглары баъламаг цццн *сонлуг муфталары* истифадыа едилир. Йцксяк эярэинликли муфталарын ики ясас констрूसийа щиссяси:- *харижи вя дахили* изолясийа элементляри вардыр. Харижи изолясийа фарфор эювдядяң, дахили изолясийа ися, йаъ-кабыз сарьылы ичликдяң ибарятдир. Эярэинлик синфиндяң асылы олагаг, дахили изолясийа ади, щопдурулмуш кабыз сарьылы вя конденсатор кюйнякли сарьылар кими щазырланырлар. Конденсатор типли изолясийаңың чякилиш йериндя сарынмасы заманы орайа атмосфердяң чирк (тоз) дщщмяси вя нямлийиң нцфуз етмяси нязря алынмалыдыр.

12.1.3. Йцксяк эярэинликли кабел муфталарының електрик щесабаты

Йцксяк эярэинликли кабелляри заводларда истещсал едяркяң, авадаңлыбың вя технолоъи просесин хцсусийятляриңя уйьун олагаг мцяййяң тикинти узунлуьунда бурахырлар. Кабелляр даиряви барабанлара сарыңыр вя щямин вязийятдя чякилиш йерляриңя эятирилир. Чякилиш заманы айры-айры тикинти узунлуглары бир-бири иля кабел муфталары васитяси иля бирлящдирилир. Кабел хятляриңдя истифадыа олунаң муфталар бирлящмя йерляриңя вя ищлямя функцийаларына уйьун олагаг бирлящдирижи, дайандырыжы вя сонлуг муфталарына бюлцңцр.

Бирлящдирижи муфталар айры-айры тикинти узунлуглары арасында гуращдырылыр. Дайандырыжы муфталар йаъ долдурулмуш кабеллярдя мцяййяң мясафялярдя йабың тязйигини сахламаг цццн вя мцхтялиф щцңдцрлцкц, релйефли трасларда йабың ашабы истигамятдя ахмасының гаршысыны дайандырмаг цццн ищлядилир.

Сонлуг муфталары кабел хятляриңиң сонунда, кабелляриң трансформатор вя диэяр апаратлара эирищляриңдя ищлядилир. Сонлуг муфталары щям дя кабелляриң ачыг ужларыңдан йабың ахмасының вя изолясийасының чиркляңмясиниң гаршысыны алыр.

Констрूसийасына эюря йцксяк эярэинлик муфталарының ики изолясийа щиссяси вардыр. Харижи изолясийа: – фарфор эювдя, дахили изолясийа: – йаъ-кабыз сарьылары. Эярэинлийиң гиймятиңя эюря дахили изолясийа ади сарьы типли вя конденсатор типли изолясийалара малик олурлар. Конденсатор типли йцксяк эярэинликли муфталарың изолясийасының щесабанмасы вя лайищляңдирилмяси заманы онларың бир сыра хцсусийятляри нязря алынмалыдыр. Бунларың биринжиси кабел изолясийасына нисбятяң муфталарың ял иля монтаъ едилмяси иля изащ едилир. Кабел хятляриңиң чякилиш вя йа

тамири заманы чуол шяраитиндя монтаъ едиляркян атмосфердян изолясийайа тозлар вя су бухарлары дцшмяси ештималы чох олур. Икинжиси, муфталарда гейри-бярэбяр електрик саяяляринин вя изолясийанын мцхтялиф щиссяляриндя танэнсиал електрик саяя эярэинлийинин (ЕСЭ) йаранмасыдыр. Дахили изолясийасы йаьла щопдурулмуш каьыз лент изолясийасындан сарынмыш муфталарда танэнсиал електрик мюцкямлийи, радиал истигамятдя електрик мюцкямлийиндя бир неча дяфя аз олур. Она эюря танэнсиал електрик саяясинин йаранмасы арзуолунмаз щалдыр.

Кабел вя кабел муфталарынын изолясийасынын щесбатлары ццн верилмиш ясас параметрляр, эярэинлийин щесабат гиймяти $U_{ц}$ вя изолясийада електрик саяя эярэинлийидир (ЕСЭ) – $E_{ц}$. Муфта изолясийасынын щесабаты радиал вя танэнсиал ЕСЭ иля апарылдыьындан, онларда ЕСЭ-нин ики гиймяти радиал вя танэнсиал щесабат гиймтяляри ($E_{цр}$, $E_{цт}$) тйин едилир.

Муфталарда эярэинлийин щесабат гиймяти, бццн кабел хяттинин етибарлы иши нязря алынмагла тягриби сечилир.

Бу шярт дахилиндя сонлуг муфталарын дахили изолясийасынын електрик мюцкямлийи, фарфор чархлардан ибарят харижи изолясийасынын електрик мюцкямлийиня нисбятян буюцк олмалыдыр.

$$U_h \approx (1,05 \div 1,1)U_{фар.сын} \quad (12.1.7)$$

бурада $U_{фар.сын}$ – фарфор изоляторун сынаг эярэинлийидир.

Муфталарда щесабатлар импульс сынаг эярэинлийинин бцтюв дальасы ццн апарылыр. Щесабат эярэинлийи вя фарфорун сынаг эярэинлийинин (12.1.7)-дя верилмиш мцнасибяти дахили изолясийасынын електрик мюцкямлийинин харижи изолясийасынын електрик мюцкямлийиндя чох олдуьуну эюстярир. Бу ифадяйя эюря, електрик бошалмасы заманы онларын гювсля бцрцнмя ештималы фарфор чархынын харижи сятци цзря даща чох олар.

Муфталарын изолясийа сарьыларынын електрик мюцкямлийи кабелин електрик мюцкямлийиня бярэбяр эютцрцлдццндян щесабат эярэинлийи дя кабеллярдякиня бярэбяр гябул едилир.

Жядвял 12.1.2 -дя нормал изолясийа сывийясиня эюря лайищяляндирилмиш фарфор изоляторларын импульс вя сйнайе тезликли сынаг эярэинликляри верилмишдир. Кабеллярдя щесабат эярэинликляринин сечилмяси жядвял 12.1.2-дя эюстярилмишдир.

Щесабат эярэинлийи сечиляркян истисмар мцддятиндя кабелляр дахили вя атмосфер (харижи) эярэинликляринин тясире, кабелин узунлуьу бойу сарынан изолясийа каьыз лентляри арасында мцхтялиф юлчцдя бошлуглар (гат аралыглары) олмасы, онларын мцхтялиф гатларда цст-цстя дцшмяляри, дефектляри вя габаржыглары олмасы нязря

алынмалыдыр. Она эюра кабел изолясийасы сечиларкян сянайе тезликли щесабат эярэинлийи вя импульс щесабат эярэинликлярини мцяйянляшдирмяк лазымдыр. Чцнки изолясийанын лайищяляндирилмяси щяр ики эярэинлийя ясасян йохланылыр.

Щесабат эярэинлийини тьяин едян мцхтялиф харижи амилляр вя дефектляр уйбун ямсалларын кюмяйи иля нязяря алыныр. Сянайе тезликли щесабат эярэинлийи ашабыдакы дцстурла щесабланыр:

$$U_{h\sim} = k_1 k_2 k_3 k_4 \frac{U_{nom}}{\sqrt{3}} \quad (12.1.8)$$

бурада U_{nom} – кабел хяттинин номинал эярэинлийидир, k_1 ямсалы мцмкцн олан ян буюцк ишчи эярэинлийи тьяин едир. Жядвял 12.1.3 -дя мцхтялиф эярэинлик синифляри цццн k_1 вя $U_{ян.б.ши}$ верилмишдир.

Kabel muftaları və aparatların xarici izolyasiya gövdələrinin hesablanmasına aid *Cədvəl 12.1.2*

<i>Сянайе тезликли сынаг эярэинлийи, кВ</i>		<i>Импульс сынаг эярэинлийи, кВ</i>	
<i>Айрылыгда сынаг олунан фарфор изолятор цццн, кВ</i>	<i>Айырыжыларын бир гцтбцнцн контактлары ачыг олдууьу щалда арадакы сынаг эярэинлийи, кВ</i>		<i>Айырыжыларын бир гцтбцнцн контактлары ачыг олдууьу щалда, арадакы сынаг эярэинлийи, кВ</i>
	<i>Айрылыгда сынаг олунан фарфор изоляторлар цццн, кВ</i>		<i>Там вя кясилмиш импульслар там кясилмиш импульс кВ</i>
3	25	28	44
6	32	40	60
10	42	53	80
15	57	70	105
20	68	85	195
35	100	130	480
110	265	355	660
150	340	460	950
220	490	675	950
330	630	890	1200
500	800	1225	1600

k_2 ямсалы лайищяляндирилян изолясийанын електрик мющкямлийинин реал орта гиймятлярдян фяргини эюстярир. Тяжрцбдяда каьыз лентлярин аралыглары статистик ганунауьун щякилдя пайланыр. Бу сябябдян,

кабел изолясийасынын дешилмя ээрэинлийи 15÷20% щядляриндя дыйишя бияр. Бунлардан ялавя язилмя, бцкцлмя вя кабелин щазырланма технолоэийасынын гейри-мцкяммаллийи иля йаранан башга дефектляр електрик мюцкямлийини 10÷25% азалдыр.

Дейилянляри нязря алдыгда k_2 ямсалы цццн 1,25÷1,4 щядляриндя гиймятляр сечилир. k_3 ямсалы кабел хятляриня тясир едян дахили ифрат (коммутасийа) ээрэинликлярини нязря алыр. Кабел хятляринин истисмар тяжрцбьяляри эюстярир ки, онларда ифрат ээрэинлик сывийясинин гиймятляри жядвял 13.1.3- дя эюстярилмиш щяддлярдя дыйишир. k_4 ямсалы кабелдя йабын тязйигинин щесабат гиймятиндян ян кичик бурахыла биян гиймятиня гядяр дыйишмяси щалында дешилмя ээрэинлийинин азалмасыны эюстярир, k_5 газ вя йаь долдурулмуш кабелляр цццн узун мцддятли тясир едян дыйишян ээрэинликлярдя 1,10÷1,20 щяддляриндя гиймятляр алыр . Беяликля, йцксяк ээрэинлик кабелляриндя изолясийанын електрик мюцкямлийинин ещтийат ямсалы 3,3÷5,0 гиймятляри щядди арасында эютцрцля бияр.

Електрик мюцкямлийинин ещтийат ямсалынын ашаьы гиймяти, щябьякянин ифрат ээрэинликляриндян етибарлы мцщафизя олундуьу вя йцксяк кейфийятли изолясийа материаллары ишлядилдийи щалларда тятбиг едилир. Щесабат импульс ээрэинлийи ися ашаьдакы дцстур иля сечилир:

$$U_{h.imp} = K_{im} \cdot U_{imp} \quad (13.1.9)$$

бурада, $U_{имп}$ – импульс сынаг ээрэинлийидир. $K_{им}$ – ямсалы, изолясийанын гейрибиржинслилийи вя импульсларын сайынын артмасы иля дешилмядя електрик мюцкямлийинин азалмасыны нязря алыр, $K_{имп} = 1,10 \div 1,20$.

Мцхтялиф ээрэинлик синифли кабел муфталарынын електрик щесабатлары цццн ээрэинликляр жядвял 13.1.3-дя верилмишдир.

Щесабат ээрэинликляри цццн k_1 вя k_2 дцзялиш ямсалларынын жядвяли

Жядвял 13.1.3

$U_{ном}, kV$	3	6	10	20	35	110	220	330	500	750
$U_{ян.б.иш} кВ$	3,6	6,9	11,5	23	40,5	126	252	366	525	787
k_1	1,15							1,1	1,05	
k_2	5,2	4,6	3,8	3,5	3,2	3	2,7	2,5	2,1	

13.1.4. Муфталарын електрик сащя эярэинлийинин щесабат гиймятляри

Електрик сащя эярэинлийинин щесабат гиймятляри муфталарын йашама яйрисиндян тйин едилир. Тяжрцбя эюстярир ки, дяйишян жряйян кабел вя муфталарында ЕСЭ-нин щесабат гиймятляри арасында ашаьыдакы асылылыг юдянилир [19]. Сонлуг вя дайандырыжы муфталар цццн:

$$E_{цц} = 0,5 \cdot E_{цк} = 25, E_m = 0,04E_{цц} \quad (13.1.10)$$

Бурада, $E_{цк}$ – кабел изолясийасынын максимал щесабат гиймятидир, B - бирляшдирижи муфталар цццн:

$$E_{цц} = 0,6E_{цк}; E_m = 0,04E_{цц} \text{ олур.} \quad (13.1.11)$$

Техники ядыбийятларда тяжрцбялярин нятижяляриня ясасян тапылмыш мцхтялиф тип дяйишян жряйян муфталарынын изолясийасында йаранан ЕСЭ-нин щесабат гиймятляри жядвял 13.1.4-дя верилмишдир.

Кабеллярдян фяргли олараг дяйишян жряйян кабел муфталарынын електрик щесабаты йалныз сянайе тезликли эярэинлик цццн апарылыр. Муфталарын импульс эярэинликляря гаршы мюцкямлийиня гойулан тялябляр ися, йцксяк олмадыьы цццн биринжи щесабатлардан юдянилир.

Сабит жряйян кабел муфталарында ЕСЭ-нин щесабат гиймятляринин сечилмяси, тяжрцби нятижялярин аз олмасы цццндян чятинляшир. Тяхмини щесабатлар цццн жядвял 13.1.4-дя верилмиш гиймятлярдян истифадя етмяк олар.

Сонлуг муфталарын електрик щесабатында дахили (каьыз лентлярин сарьысы) вя харижи (фарфор чархын) изолясийасынын юлчцляри вя онларын конструксийасы тйин едилир. Сонлуг муфталары дахили изолясийасына эюря ади (гейри конденсатор типли) вя конденсатор типли нювляря маликдир § 13.1.5.

Муфталарда дахили изолясийанын бурахыла биян щесабат гиймятляри

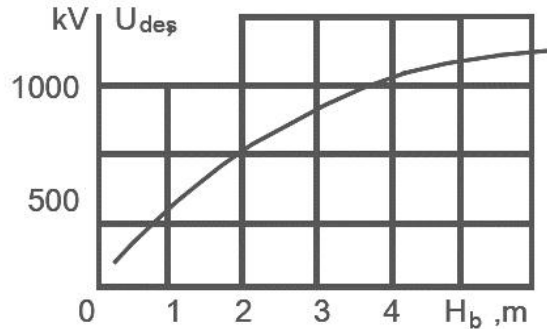
Жядвял 13.1.4

	Kabel izolyasiyası	Muftada ESG-nin hesabət qıyməti, kV/mm	
		Radial	Tangensial

<i>Yağ-kağız izolyasiyalı kabelin tipi</i>	<i>Elektrik möhkəmliyinin hesabat qiyməti,</i>	<i>Radial ESG-nin hesabat qiyməti,</i>	<i>- 28 Nömrəli nominal gərginlikdə işləyən mufatnın tangensial ESG-nin hesabat qiyməti, kV/mm</i>		
<i>Kabelin tipi</i>	<i>ESG-nin hesabat qiyməti</i>	<i>Yağ durduran sonluq muftası</i>	<i>Birləşdirici mufta</i>	<i>Yağ durduran sonluq muftası</i>	<i>Birləşdirici muftalar</i>
<i>Yüksək təzyiqli yağ doldurulmuş kabel (15 atm)</i>	50	25	30	1	1,2
<i>Aşağı və orta təzyiqli yağlı kabel</i>	30	15	18	0,6	0,7
<i>Qaz doldurulmuş yüksək təzyiqli kabel (15 atm)</i>	15	7,5	9	0,3	0,35

13.1.5 Sonluq muftalarının xarici izolyasiyası

Kabel şəbəkəsinin etibarlılığını təyin edən əsas nöqtə onun sonluq çıxış muftasıdır. 1000 kV-a qədər yüksək gərginlikli kabel xətlərinin havada işləyən hissəsində $H_{b,f}$ -in hesablanması (13.1.12) ilə yanaşı, aparat izolyasiyası üçün alınmış aşağıdakı əyriyə köməyiylə də əlavə yoxlama aparılır şək.13.1.7



Şək.13.1.7 Aparatların xarici izolyasiyasına aid boşalma gərginliyinin məsafədən asılılığı.

			200	400	600
<i>Aşağı və orta təzyiqli yağ doldurul kabellər</i>	120	60	2,0	1,7	1,2
<i>Özülü hopdurucusu olan kabellər</i>	80	40	2,0	1,7	1,2

. Bu məqsədlə farfor çarxın elektrik hesabatında onun uzunluğu, ətəklərin sayı və forması təyin edilir. Çarxın uzunluğu onlarda səthi boşalmalara qarşı izolyasiya hündürlüyünü təmin edir. Xarici və daxili radiuslarla yaranan forma isə, daxili izolyasiya sarğısı və ekran konstruksiyaları üçün tərtib edilir. Sonluq mufta hesabatları üçün cədvəl 13.1.5, 13.1.6 və 13.1.7 qiymətləri tətbiq edilir.

Farfor çarxların uzunluğu dəyişən cərəyanda boşalma gərginliyinə aid standartlara görə təyin edilir. Quru boşalma və nəm vəziyyətdə boşalma gərginliyinə uyğun sonluq muftalarının elektrik hesabatlarında ESG-nin hesabat qiymətləri aşağıdakı kimi seçilir. Müxtəlif kateqoriyalar üçün sızma

yolunun boyu:-
$$E_{qur.b.h.} = 0,33 \div 0,43 \text{ kV/mm} \quad (13.1.12)$$

$$E_{yau.b.h.} = 0,23 \div 0,26 \text{ kV/mm}$$

Farfor çarxların uzunluğu ($H_{b,\rho}$), farforun səthi üzrə boşalma məsafəsindən 10-

<i>Sınaq parametri</i>	<i>Gərginlik sinfi, kV</i>		
	110	220	500
<i>Dəyişən cərəyan quru boşalma sınaq gərginliyi $U_{qur,b.}$ kV</i>	315	610	925
<i>Dəyişən cərəyan yağış altında boşalma gərginliyi, $U_{yağ.b.}$ kV</i>	220	430	700

15% böyük götürülür. Daxili izolyasiyada meydana çıxan aksial sahə gərginliyinin qiyməti 3-3.5 kV/sm qəbul edilir.

Quru-təmiz və yağış altında boşalma gərginlikləri cədvəl 13.1.5

Kabel muftaları və aparatların xarici izolyasiyasının elektrik möhkəmlikləri
Cədvəl 13.1.6

Farfor izolyatorun seçilməsində sızma cərəyanının yolunun uzunluğu əsasdır.

Изоляторун сятци цзя сызма жярйанынын йолунун бойу ися ашабыдакы ифадя иля тьяин едилир:

$$L_{сыз} \geq l_{x.ef.uz} U_n \quad (13.1.13)$$

бурада, $l_{x.ef.uz}$ – сызма жярйанынын йолунун хцсуси еффеktiv узунлуудур.

Бу параметр изоляторларын шансы цслубда щазырланмасындан асылдыр. Атмосферин чирклянмяси щяраитиня эюря изоляторлар цч категорийада щазырланыр: А, Б, В.

Gərginlik sinfi, kV	Ən böyük işçi gərginlik, kV	Neytralin iş rejimi	İzolyator kateqoriyaları üzrə sızma yolunun uzunluğu, sm		
			A	B	V
3	3,6	Neytralı izolə edilmiş	6	9	12,5
6	7,2		12	18	25
10	12		20	30	42
15	17,5		30	45	62
20	24		40	60	84
35	40,5		70	105	140

А категорийасы – нормал щазырланмыш

Б категорийасы – 1-жи дяряжядя эцжляндирилмиш

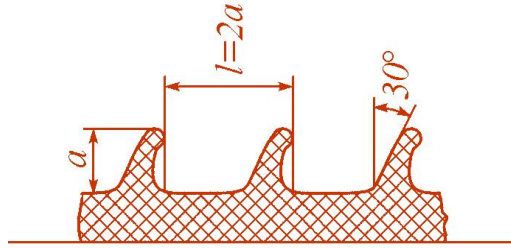
В категорийасы – хцсуси эцжляндирилмиш

Сызма йолларынын узунлуларына ауд жядвял

Жядвял 13.1.7

Бу ятяклярин конфигурацийасы вя юлчцляри ашабыдакы тяклифлярдян тьяин едилир

щяк.13.1.8: α – ятяклярин чыхынты узунлуу $a=0,5 \cdot l$, l – ятякялр арасы мясафядир. a -нын $0,5 \cdot l$ -дян чох олмасы бошалма эярэинлийинин гиймтяинин артмасына тясир етмир. Адятян a цццн 50-60 мм эютцрцлцр. Бурадан габырьалар арасы мясафя цццн 100-120мм эютцрмяк олар. Ятяклярин изоляторун цилиндрик сятця нисбятян мейли $25-30^0$ бужаг гядяр эютцрлцр. 9920-96 ДЦИСТ-я ясаян електрик аваданлыбынын изолясийасынын сызма йолунун минимал юлчцляри щяр бир категорийа цццн тьяин едилмишдир.



Шякил 13.1.8. Фарфор чархларда ятяклярин конфигурацийасы

- а) А категориейасында нормал щазырланмыш изолийасийа
- б) Б категориейасында 1 дяряждя эцжляндирилмиш изолийасийа
- в) В категориейасы ися хцуси эцжляндирилмиш изолийатордур цццн верилмиш гиймятлярдир.

Щесабландыы эярэинликдян асылы олагаг муфталаг, бир вя йа бир неча элементли фарфор чархлардан ибарят олур. Мцхтялиф категориейалы изолийаторлар цццн эярэинлик синифлярия аид фарфор чархларда олан изолийаторларын сайы жядвял 13.1.8-дя эюстярилмишдир.

Изолийаторларын категориейаларына уйьун тяркиби вя эярэинлик синифия уйьун сайлары

жядвял 13.1.8

Эярэинлик синфи, кВ	Сызма жярйяанынын йолу, см	Муфтада чархларын сайы	Електрик аваданлы-ынын категориейасы
110	246	1	А
220	457	2	А
380	803	3	Б
500	952	3	А

13.1.6. Муфталагын дахили изолийасийасынын щесабаты

Ади типли (гейри конденсатор) сонлуг муфталагы садя дахили изолийасийага маликдир. Кабелин гуртаражаында изолийасийаны эцжляндирмяк цццн истифадя олуан бу муфталаг цч щиссеядян ибарятдир: бярабярляшдирижи конус (аб) – кабелин заводда щазырланан изолийасийасындан, сялис олагаг муфтанын эцжляндирилмиш

изолйасийасына кечид тяшкил едир; цилиндрик щисся (бж) вя тяре коник щисся (жд)-дир. Тяре коник щисся, юз нювбясиндя изолйасийасынын максимал диаметриндян сялис олагаг дамара кечид тяшкил едир шяк. 13.1.9.

Lakin (1.16) formulu ilə hesablanan tutumlar çox böyük ola bilər. Kondensatorların tutumunun azaldılması isə muftada uzununa elektrik sahəsinin təhrif olunmasına səbəb olur. Tutumların müəyyən hədlərdə azaldılması zamanı, buraxıla bilən minimal qiymətləri, torpaqlanmış sonuncu köynəyin kənarında yaranan elektrik sahə gərginliyinin maksimal qiymətinin izolyasiyada ESG-nin tangensial təşkiledicisindən böyük olmaması şərtindən tapılır. (1.14) tənliyindən $x=0$ olduqda $E_x = -aU \cdot ct$

$$\text{və ya } E_x = aU \quad (al \geq 2, \quad ct \approx 1) \text{ alınır.}$$

Beləliklə kondensatorların tutumları aşağıdakı kimi seçilə bilər:

$$\frac{(C_k + C_0)U^2}{E_r} \leq C_{k(k+1)} \leq \frac{(C_k + C_0)l^2}{0,25} \quad (1.18)$$

Muftanın uzunluğu boyu ESG-nin bərabərliyini eyni kondensatorların birləşdirilməsi ilə yanaşı, müxtəlif kondensatorların tutumlarının müəyyən qanunauyğunluqla dəyişdirilməsi ilə də almaq olar.

Doğrudan da (1.15) tənliklər sistemindən $E = \frac{dU_x}{dx} = \frac{U}{E}$ şərtində $x=0$

$$U_x = \frac{U}{l} x, \quad \frac{di_{k(k+1)}}{dx} = 0 \quad \text{ve} \quad C_{k(k+1)} = C_{01}$$

olduqda,

$$C_{k(k+1)} = C_{01} + \frac{(C_k + C_0)x^2}{2} - C_k l x \quad (1.19)$$

və ya hündürlüyü h , tutumu $C_{k(k+1)}$ olan n element üçün götürülmüşdür.

Tutumlar arasında aşağıda alınmış asılılıqlar kabelin mufta üçün təmizlənən ucluğunu və sonluq muftasının həndəsi ölçülərini təyin edir.

$$\begin{aligned} C_{k(k+1)el} &= C_{01el} + \frac{(C_{k21} + C_{0el})K^2}{2} + C_{kel}nh \\ C_{k(k+1)el} &= \frac{C_{k(k+1)}}{h}, \quad C_{01el} = \frac{C_{01}}{h} \\ C_{kel} &= hc_k, \quad C_{0el} = hc_0 \end{aligned} \quad (1.20)$$

Damara görə olan C_k tutumu və torpağa nəzərən C_0 tutumunu silindrik kondensatorlar kimi hesablayırlar. Bu zaman C_0 tutumu, 300 sm radiusda torpaqlanmış silindrlə, damarın bütün uzunluğunda yaratdığı şərti bir kabel tutumu kimi hesablanır. Bu halda C_0 ilə torpaqlanmış silindr arasında olan yağ qatı və farfor örtüyün yaratdıqları tutumlar nəzərə alınmır. Çünki onların qiymətləri nəticəni az dəyişdirir.

Kondensator elementləri olan sonluq muftalarının hesablarını aşağıdakı ardıcılıqla aparırlar:

Kondensator elementlərinin sayının hesablanması:

$$N = \frac{U_f}{U_{el}} \quad (1.21)$$

burada U_f – faz gərginliyi, U_{el} – kondensator elementinin gərginliyidir.

Açılmış kabel ucluğunun uzunluğunun hesablanması:- $L=N \cdot h$

burada h – kondensator elementlərinin çıxıntı uzunluqlarıdır.

Sonluq kabel ucluğunun xarici diametrinin D hesablanması: D -nin qiyməti sonluq muftasında ionlaşma olmaması şərtindən tapılır. D -ni yüksək gərginlikli keçid izolyatorları və transformator girimlərində elektrik sahəsinin empirik düsturlarına görə hesablamaq olar. Bu halda izolyasiyanın iti uclu elektrodlar arasında işləməsini nəzərə alaraq aşağıdakı formula istifadə edilir:

$$U_f = k_t \sqrt{\Delta} \quad (1.22)$$

burada $k_t=5,2$; U_f – faz gərginliyi, kV; Δ – damar və torpaqlanmış köynək arasındakı izolyasiyanın qalınlığıdır.

4. Bərabərləşdirici konusun uzunluğu və formasının hesablanması. L_{ab} -nin qiymətinin hesablanmasında (1.21) kondensator elementləri arasında olan izolyasiyanın keyfiyyətinin yüksək olması səbəbindən, ESG-nin tangensial təşkiledicisini $E_t=6 \text{ kV/mm}$ götürmək olar.

$$L_{ab} = \frac{U_{hes}}{6} \cdot \ln \frac{\ln \frac{R_{sar}}{r_0}}{\ln \frac{R_{43}}{r_0}} \quad (1.23)$$

5. C_{kel} – nin tutmlarının hesablanması. C_{kel} -in qiymtələrinin hesablanması (1.21) və (1.22) formulaları və şərtləri ilə aparılır.

Kondensator tipli sonluq sarğılarının hesabında məqsəd, bərabərləşdirici ab konusunun uzunluğu və formasının təyini şəx.1.4, həmçinin sonluq muftasında elektrik sahəsinin tənzimlənməsi üçün olan kondensator köynəklərinin sayı və yerləşdirilməsinin tapılmasıdır.

Müxtəlif hallar üçün bərabərləşdirici konusun forma və ölçüləri yuxarıda verilmiş (1.20-1.21) formulalardan və daha sadələşdirilmiş şəx.1.5 şəkildə hesablanıla bilər.

Kondensator köynəklərinin seçilməsi və yerləşdirilməsində metallik köynəklərlə damar arasında kondensator, qatlarının tutumlarının nisbətləri, həmçinin hər bir köynəyin çıxıntıları ilə yaratdığı tutum nisbətlərini nəzərə almaq lazımdır. Bu məqsədlə sonluq muftasının kondensator sarğılarının sadə əvəz sxemindən istifadə edirlər. Sxemdə metal köynəklərin bir-birinə nəzərən yaratdığı tutumlar $C_{01}, C_{12}, \dots, C_{k(k+1)}$ -lə, köynəklərlə damar arasındakı tutmlar isə $C_1, C_2, \dots, C_k, \dots, C_n$ -lə işarə edilmişdir. Bunlara analogi olaraq Rayxem plastmass izolyasiyalı kabel konstruksiyaların sonluq muftaları 2 izolə edilmiş torpaqlanma nöqtəsindən və 2 yaylı rolikli sıxaclardan ibarət olub ekran və zirehin ayrılıqda torpaqlanmasını təmin edirlər. Torpaqlamaların qovuşma yerləri hermetikləşdirilir, yapışqanlı mastika və istilikdən büzüşən boru ilə kip örtülür. Əgər kabel izolyasiyası üzərinə kondensator köynəyi sarınmış olarsa, kondensator sarğılarının sıfırıncı köynəyi kimi kabelin damarı götürülür.

kondensator lövhəsinin xarici çıxıntısıdır. Adətən λ_1 bütün kondensator köynəkləri üçün sabitdir.

Köynəklərin damarla silindrik kondensator əmələ gətirən hissəsi daxili çıxıntı adlanır və λ_2 ilə işarə edilir. λ_2 də bütün köynəklər üçün sabit götürülür. Bunlardan başqa şəkl.1.6-də d_{dam} – kabelin damarının diametri; d_{k-1} , d_k , d_{k+1} – uyğun olaraq $k-1$, k , $k+1$ -ci köynəklərin diametrləridir.

Sadə əvəz sxeminin (şəkl. 1.6) ixtiyari k nöqtəsi üçün Kirxhov qanuna görə aşağıdakı tənliyi yazmaq olar:

$$(\varphi_{(k+1)} - \varphi_k) \cdot \omega C_{(k+1)k} = (\varphi_k - \varphi_{k-1}) \cdot \omega C_{k(k-1)} + \varphi_k \cdot \omega C_k \quad (1.23)$$

burada φ_{k-1} , φ_k , φ_{k+1} – $k-1$, k və $k+1$ nöqtələrinin potensiallarıdır.

Qatlardakı gərginlik paylanması bərabər olduğunu qəbul etsək, hər bir qatın gərginliyi üçün U/n alarıq:

$$\begin{aligned} \frac{U}{n} \omega C_{k(k+1)} &= \frac{U}{n} \cdot \omega C_{k(k-1)} + \frac{U}{n} \cdot k \omega C_k \\ C_{k(k+1)} &= C_{k(k-1)} + k \cdot C_k \end{aligned} \quad (1.24)$$

Əgər (1.24) ifadəsində $C_{k(k+1)}$, C_k və $C_{k(k-1)}$ tutumları hesablanarsa, onda kondensator qatlarının həndəsi ölçüləri arasında münasibət təyin edilir. Bu halda qatlara düşən gərginliklər bərabər və mufta izolyasiyası bütün aralıqlarda ε -u eyni olan kağızdan sarınmış olduğu nəzərdə tutulur:

$$\frac{l'_k}{\lg \frac{d_{k+1}}{d_k}} = \frac{l'_{k-1}}{\lg \frac{dk}{d_{k-1}}} + k \cdot \frac{\lambda_2}{\lg \frac{d_k}{d_{dam}}} \quad (1.25)$$

(1.25) ifadəsini kondensator köynəklərinin ölçülərinin və yerləşdirilməsinin hesabları üçün tətbiq etdikdə, 6 məchuldan 5-i (d_k , d_{k-1} , l_{k-1} , l'_{k-1} , l'_k , λ_2) məlumlar kimi qəbul edilməlidir.

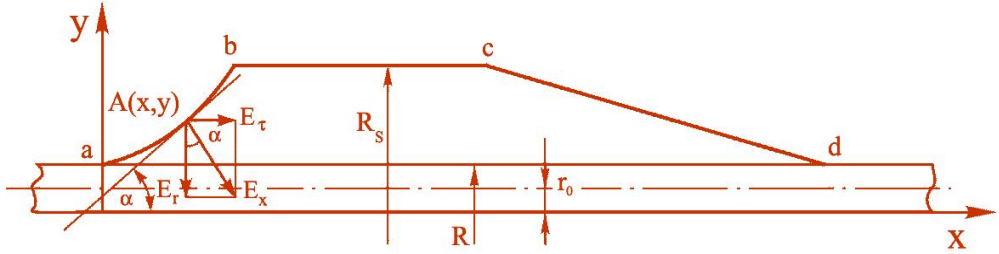
Kondensator sarğılarının layihələndirilməsinə keçməzdən əvvəl, hansı parametrlərin verilənlər kimi götürülməsini müəyyənləşdirirlər.

Əgər sarğıların hesabı *ESG*-nin qalınlıq üzrə sabit qalması şərti ilə aparılırsa, kondensator qatlarının qalınlığı və uyğun olaraq d_k , d_{k+1} və s., hər bir aralıqdakı orta və ya maksimal sahə gərginliklərinə görə asanlıqla hesablanı bilər. Bu halda axtarılan kəmiyyətlər kondensator köynəklərinin uzunluqları olur. Sonluq sarğılarının bu üsulla layihələndirilməsində muftanın diametrini kiçiltmək mümkündür. Lakin muftanın boşalma xarakteristikası bu halda bir qədər pisləşir.

Sonluq sarğılarını həmçinin *ESG*-nin, sarğının səthi üzrə sabitliyi şərtindən hesablamaq olar. Bu hesabatlarda sarğının radial ölçüləri böyük alınsa da, boşalma xarakteristikaları yaxşılaşır. Bu halda, bütün kondensator köynəklərinin uzunluqları məlum olur. Sonra isə (1.25) tənliyi d_{k+1} -ə görə həll edilir:

$$lgd_{k+1} = \frac{l'_k}{\frac{l'_{k-1}}{lg \frac{d_k}{d_{k-1}} + k \frac{\lambda_2}{lg \frac{d_k}{d_0}}} + lgd_k \quad (1.26)$$

“Rayxem” kompaniyasının ən çox istehsalı böyük çeşiddə olan sonluq mufta məmulatlarıdır. Onlar 0,4 kV-dan başlayaraq, 380 kV –a qədər nominal gərginliyə, plastmass, rezin, kağız izolyasiyalı, 1 və 3 damarlı kabellərə uyğun olan muftalardır. Onlar həm sabit , həm də dəyişən gərginliklərə hazırlanırlar. 0.23 – 1 kV sabit cərəyan plastmass və kağız izolyasiyalı kabellərin sonluq muftaları Mİ və MİND markaları ilə, tək damarlı kabellər üçün buraxılır. Onlar Rusların SB2pQ, ASB2I, SBQ, ASBU, N(A)KLEY, N(A)KBY markalı kabellərə aiddirlər.



Шяк. 13.1.9. Муфталарын дахили изолясийа конструкциялары
вә щесабат элементляри

Сонлуг муфтасынын щесабланмасында мягсад онун харижи диаметринин вә бирляшдирижи (аб) конусунун форма вә узунлуьунун тьяин едилмясидир. Силиндрик щиссянин вә тярс коник щиссянин (жд) юлчцлярини сонлуьун сарьысынын фарфор чархлар ичярисиня йерляшдирилмясиндян сонра тьяин едирляр. Бу заман муфтанын дахилиндя йарана бияляжак бошалма просеси нязря алыныр. жд щиссясинин цмуми узунлуьу еля олмалыдыр ки, бу сонлуг щиссялярдя сятц цзря дя бошалма йаранмасын. Сарьынын диаметри D_c вә йа радиусу R_c радиал ЕСЭ-нин максимал гиймятинин щесабат гиймятиндян буюцк олмасы шяртиндян тьяин едилир. Яэяр муфта изолясийасы цццн кабел изолясийасынын сарьыларында ишлядилян каьыз истифадя едилярся, сарьынын радиусуну ашаьыдакы формуладан щесабламаг олар:

$$E_h = \frac{U_h}{r_0 \ln \frac{R_s}{r_0}}; \quad R_s = r_0 \cdot e^{\frac{U_h}{r_0 \cdot E_h}} \quad (13.1.15)$$

Лаплас тянлийнин щяллинин (13.1.15) ифадяси, муфтанын оху истигамятиндя потенциалын дьяишмясинин нязря алынмамасы сябябиндян, ЕСЭ-нин радиал истигамятиндяки щесабатлары тягриби нятижяляря эятирир.

Яэяр кабел дяряжялянмиш изолясийайа маликдирся вә муфтанын изолясийасы кабелин изолясийасынын харижи гатындакы каьыздан щазырланмыш оларся, сарьынын радиусу ашаьыдакы тянликдян щесабланьр:

$$E_h = \frac{U_h}{r_0 \varepsilon_{r1} \left(\frac{1}{\varepsilon_{r1}} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{\varepsilon_{r2}} \ln \frac{R_s}{r_1} \right)} \quad (13.1.16)$$

бурада, ε_{p1} вә ε_{p2} – дахили радиуслары p_0 вә p_1 олан щопдурулмуш кабыз изолясийа гатларынын диелектрик нцфузлугларыдыр.

Бярабярляшдирижи конусун узунлуу вә формасыны тьяин етдикдә муфтада танэенсиал ЕСЭ-ни нязря алмаг лазымдыр. Танэенсиал ЕСЭ-нин максимал гиймятляри изолясийаынын бярабярляшдирижи конусун йерля бирляшдирилмиш экранла тохундуу нюгтяляриндә олажагдыр. Она эюря, бярабярляшдирижи конусун a - b яйриси, ЕСЭ-нин танэенсиал конусун сятци цзря сабит галмасы вә ЕСЭ-нин щесабат гиймятини ашмамасы ($E_t < E_{tt}$) шяртиндян тапылыр. ab яйрисинин сятциндя ихтийари $A(x, y)$ нюгтяси эютцрцлцрся, щямин нюгтядә ЕСЭ-нин танэенсиал гиймяти цццн йазмаг олар:

$$E_r = E_h \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (13.1.17)$$

$A(x, y)$ нюгтясиндә радиал ЕСЭ-нин гиймятини нязря алсаг (13.1.17) ифадясини башга щякилдә йазмаг олар:

$$E_r = \frac{U_h}{y \ln \frac{y}{r_0}} \cdot \frac{dy}{dx} \quad (13.1.18)$$

Дяйишянляриня айырдыгдан сонра (13.1.18) ифадяси ашабыдакы щякля дцщцр:

$$dx = \frac{U_h}{E_r} \cdot \frac{dy}{y \cdot \ln(y/r_0)} \quad (13.1.19)$$

Изолясийаны биржинсли гябул едиб (13.1.19) ифадясини интегралладыгда ab бярабярляшдирижи сятцинин яйриси цццн ашабыдакы ифадяни йазмаг олар:

$$\int_0^x dx = \frac{U_h}{E_r} \int_y^R \frac{dy}{y \ln(y/r)}$$

$$x = \frac{U_h}{E_r} \cdot \ln \frac{\ln(y/r_0)}{\ln(R/r_0)} \quad (13.1.20)$$

Бярабярляшдирижи конусун узунлуууну $L_{ab}=x$ тьяин етмяк цццн (13.1.20) ифадясиндә жари y координаты явзяиня P_c йазмаг кифайятдир:

$$L_{ab} = \frac{U_h}{E_r} \ln \frac{\ln(R_s/r_0)}{\ln(R/r_0)} \quad (13.1.21)$$

Яэяр сарынын изолясийасы сыхлыына эюря дряжялянмямиш кабел изолясийасына уйбун олмзса, x ццн ашабыдакы ифадя алыныр:

$$x = \frac{U_h \ln \frac{\varepsilon_{r2} \ln(R/r_0) + \varepsilon_{r1} \ln(y/R)}{\varepsilon_{r2} \ln(R/r_0)}}{E_\tau} \quad (13.1.22)$$

бурада ε_{p1} – кабел изолясийасынын диелектрик нцфузлулуьу, ε_{p2} – сарынын изолясийасынын диелектрик нцфузлулуьудур.

Яэяр сарынын изолясийасы, кабелин дряжялянмиш изолясийасынын сон гатынын сыхлыына бярабяр каьыздан щазырланьрса, (13.1.21) ифадясини ашабыдакы шякилдя йазмаг олар:

$$x = \frac{U_h}{E_\tau} \ln \frac{\varepsilon_{r2} \ln(r_1/r_0) + \varepsilon_{r1} \ln(y/r_1)}{\varepsilon_{r2} \ln(r_1/r_0) + \varepsilon_{r1} \ln(R/r_1)} \quad (13.1.23)$$

Нящайт, сары ццгатлы вя мцхтялиф сыхлыгы (ε_{p1} , ε_{p2} , ε_{p3}) каьыз изолясийасындан тяшкил олунарса, x ццн ашабыдакы щесабат дцстуру алыныр:

$$x = \frac{U_h \ln \frac{\varepsilon_{r2}\varepsilon_{r3}\ln(r_1/r_0) + \varepsilon_{r1}\varepsilon_{r3}\ln(r_2/r_1) + \varepsilon_{r1}\varepsilon_{r2}\ln(y/r_2)}{\varepsilon_{r2}\varepsilon_{r3}\ln(r_1/r_0) + \varepsilon_{r1}\varepsilon_{r3}\ln(r_2/r_1)}}{E_\tau} \quad (13.1.24)$$

Яэяр цццнжц гатын дахили радиусу, кабелин завод изолясийасынын харижи радиусуна уйбун оларса, (13.1.20) ифадясиндя й= P_2 йазырлар.

13.1.7. Конденсатор типли дахили изолясийасынын щесабаты

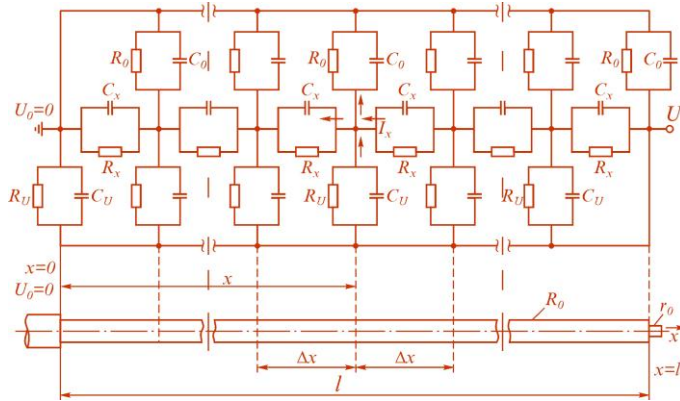
Сонлуг муфтасынын конденсатор типли дахили изолясийасыны щесабламаг ццн шяк. 13.1.10-да верилмиш електрик явяз схеми истифадя едилир. Електрик сашясинин тянзимлянмясиня хидмят едян конденсатор кюйнякляри йеря, бир-бириня вя дамара нязряян тутумлар йарадыр. Алынмыш тутумларын k элементи ццн ашабыдакы тянликляри йазмаг олар:

$$\begin{cases} \frac{dU_k}{dx} = \frac{i_{k(k+1)}}{\omega C_{k(k+1)}} \\ \frac{di_{k(k+1)}}{dx} = \omega C_k (U_k - U) + \omega C_0 U_k = \omega U_k (C_k + C_0) - \omega C_k U \end{cases} \quad (13.1.25)$$

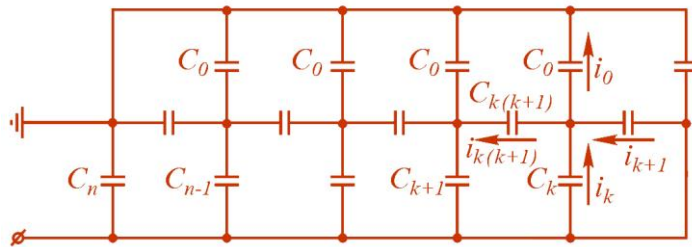
(13.1.25) систем тянлийини щялл едяряк, ашабыдакылары алырлар:

$$\frac{d^2 U_k}{dx^2} = a^2 U_k - A \quad (13.1.26)$$

$$a^2 = \frac{C_k + C_0}{C_{k(k+1)}}; \quad A = \frac{C_k}{C_{k(k+1)}} \cdot U$$



Шяк.13.1.10. Конденсатор типли дахили изолясийанын тутум элементляри



Шяк.13.1.11. Конденсатор сарьыларынын электрик явзз схеми. J_0 – йеря нязряян, J_k – дамара, $J_{k(k+1)}$ – кюйнякляринин бири-бириня нязряян тутумлары

(13.1.27) дифференциал тьянлийинин щялли ашабыдакы ифадяни верир:

$$U_x = \frac{U}{(C_k + C_0)shal} [C_0 shax - C_k sha(l-x) + C_k shal] \quad (13.1.27)$$

(13.1.27) ифадясини x - я нязряян дифференциалладыгда электрик сщзз эярэинлийинин ашабыдакы x - дан асылылыг функцийасы алыныр:

$$E(x) = -\frac{aU}{(C_k + C_0)shal} [C_0 ch ax + C_k ch a(l-x)] \quad (13.1.28)$$

Ахырынжы ифадядян эюрцнцр ки, муфтанын монтабы цццн ачылмыш (сойулмуш) кабел дамарынын узунлуу боу ЕСЭ-нин бярабяр пайланмасы $al \leq 0,5$ олдугда мцмкцнцр. Дьорудан да бу шалда $сщал \cong al$ вя $Y_x = \frac{U}{l} x$ эютцрця бияр. Бу шяртлярдя ися ($al \leq 0,5$) гиймяти юдянир.

$$l \sqrt{\frac{C_k + C_0}{C_{k(k+1)}}} \leq 0.5 \quad \text{- алыныр} \quad (13.1.29)$$

$$\text{вя йа } \mathcal{J}_{k(k+1)} \geq \frac{C_k + C_0}{0,25} l^2 \quad (13.1.30)$$

олдугда юдяня бияр:

Лакин (13.1.30) формулу иля щесаблинан тутумлар чох бьйцк ола бияр. Конденсаторларын тутумунун азалдылмасы ися муфтада узунуна електрик саясясинин тящриф олунмасына сябьб олур. Тутумларын мцяййян щядлярдя азалдылмасы заманы, бурахыла биян минимал гиймтяляри, торпагланмыш сонунжу кьйняйин кянарында йаранан електрик саяя эярэинлийинин максимал гиймятинин изолясиайда ЕСЭ-нин танэенсиал тяшкиледижисиндя бьйцк олмамасы шяртиндя тапылыр. (13.1.28) тянлийиндя $x=0$ олдугда $E_x = -aU \cdot жщцал$ вя йа $E_x = aU$ ($al \geq 2$, $жщцал \cong 1$) алыныр. Онда ,

$$C_{k(k+1)} > \frac{(C_k + C_0)U^2}{E_\tau^2} \quad (13.1.31)$$

олажагдыр.

Беляликля конденсаторларын тутумлары ашаьыдакы кими сечила бияр:

$$\frac{(C_k + C_0)U^2}{E_\tau} \leq C_{k(k+1)} \leq \frac{(C_k + C_0)l^2}{0,25} \quad (13.1.32)$$

Муфтанын узунлуу боу ЕСЭ-нин бярабярлийини ейни конденсаторларын бирляшдирилмасы иля йанашы, мцхтялиф конденсаторларын тутумларынын мцяййян ганунауйьунлугла дяйишдирилмасы иля дя алмаг олар.

Дьорудан да (13.1.25) тянликляр системиндя $E = \frac{dU_x}{dx} = \frac{U}{E}$ шяртиндя $x=0$ олдугда,

$$U_x = \frac{U}{l} x, \quad \frac{di_{k(k+1)}}{dx} = 0 \quad \text{və} \quad C_{k(k+1)} = C_{01} \quad (13.1.33)$$

$$C_{k(k+1)} = C_{01} + \frac{(C_k + C_0)x^2}{2} - C_k l x$$

вə йа щндцрлщцц u , тутуму $\mathcal{J}_{k(k+1)}$ олан n элемент цццн

$$C_{k(k+1)el} = C_{01el} + \frac{(C_{k21} + C_{0el})K^2}{2} + C_{kel}nh$$

$$C_{k(k+1)el} = \frac{C_{k(k+1)}}{h}, \quad C_{01el} = \frac{C_{01}}{h} \quad (13.1.34)$$

$$C_{kel} = hc_k, \quad C_{0el} = hc_0$$

эютцрщлмщщдцр.

Тутумлар арасында (13.1.34)-дә алынмыш асылылыглар кабелин муфта цццн тямизлянян ужлубуну вə сонлуг муфтасынын щяндяси юлщлярини тьяин едир. Дамара эюря олан \mathcal{J}_k тутуму вə торпаба нязрян \mathcal{J}_0 тутумуну цилиндрик конденсаторлар кими щесаблаырлар. Бу заман \mathcal{J}_0 тутуму, 300 см радиусда торпагланмыш цилиндрля, дамарын бцццн узунлубунда йаратдыбы щярти бир кабел тутуму кими щесабланыр. Бу щалда \mathcal{J}_0 иля торпагланмыш цилиндр арасында олан йаь гаты вə фарфор юртщццн йаратдыглары тутумлар нязря алынмыш. Чццки онларын гиймятляри нятижяни аз дьяищдир.

Lakin (1.16) formulu ilə hesablanan tutumlar çox böyük ola bilər. Kondensatorların tutumunun azaldılması isə muftada uzununa elektrik sahəsinin təhrif olunmasına səbəb olur. Tutumların müəyyən hədlərdə azaldılması zamanı, buraxıla bilən minimal qiymətləri, torpaqlanmış sonuncu köynəyin kənarında yaranan elektrik sahə gərginliyinin maksimal qiymətinin izolyasiyada ESG-nin tangensial təşkilədicişindən böyük olmaması şərtindən tapılır. (1.14) tənliyindən $x=0$ olduqda $E_x = -aU \cdot cthal$

$$\text{və ya } E_x = aU \quad (al \geq 2, \quad cthal \approx 1) \text{ alınır.}$$

Beləliklə kondensatorların tutumları aşağıdakı kimi seçilə bilər:

$$\frac{(C_k + C_0)U^2}{E_r} \leq C_{k(k+1)} \leq \frac{(C_k + C_0)l^2}{0,25} \quad (1.18)$$

Muftanın uzunluğu boyu ESG-nin bərabərliyini eyni kondensatorların birləşdirilməsi ilə yanaşı, müxtəlif kondensatorların tutumlarının müəyyən qanunauyğunluqla dəyişdirilməsi ilə də almaq olar.

Doğrudan da (1.15) tənliklər sistemindən $E = \frac{dU_x}{dx} = \frac{U}{E}$ şərtində

$$U_x = \frac{U}{l} x, \quad \frac{di_{k(k+1)}}{dx} = 0 \quad \text{ve} \quad C_{k(k+1)} = C_{01}$$

$x=0$ olduqda, (1.19)

$$C_{k(k+1)} = C_{01} + \frac{(C_k + C_0)x^2}{2} - C_k l x$$

və ya hündürlüyü h , tutumu $C_{k(k+1)}$ olan n element üçün götürülmüşdür.

Tutumlar arasında aşağıda alınmış asılılıqlar kabelin mufta üçün təmizlənən ucluğunu və sonluq muftasının həndəsi ölçülərini təyin edir.

$$C_{k(k+1)el} = C_{01el} + \frac{(C_{k21} + C_{0el})\kappa^2}{2} + C_{kel}nh$$

$$C_{k(k+1)el} = \frac{C_{k(k+1)}}{h}, \quad C_{01el} = \frac{C_{01}}{h} \quad (1.20)$$

$$C_{kel} = hc_k, \quad C_{0el} = hc_0$$

Damara görə olan C_k tutumu və torpağa nəzərən C_0 tutumunu silindrik kondensatorlar kimi hesablayırlar. Bu zaman C_0 tutumu, 300 sm radiusda torpaqlanmış silindrlə, damarın bütün uzunluğunda yaratdığı şərti bir kabel tutumu kimi hesablanır. Bu halda C_0 ilə torpaqlanmış silindr arasında olan yağ qatı və farfor örtüyün yaratdıqları tutumlar nəzərə alınmır. Çünki onların qiymətləri nəticəni az dəyişdirir.

Kondensator elementləri olan sonluq muftalarının hesablarını aşağıdakı ardıcılıqla aparırlar:

Kondensator elementlərinin sayının hesablanması:

$$N = \frac{U_f}{U_{el}} \quad (1.21)$$

burada U_f – faz gərginliyi, U_{el} – kondensator elementinin gərginliyidir.

Açılmış kabel ucluğunun uzunluğunun hesablanması: - $L=N \cdot h$

burada h – kondensator elementlərinin çıxıntı uzunluqlarıdır.

Sonluq kabel ucluğunun xarici diametrinin D hesablanması: D -nin qiyməti sonluq muftasında ionlaşma olmaması şərtindən tapılır. D -ni yüksək gərginlikli keçid izolyatorları və transformator girimlərində

elektrik sahəsinin empirik düsturlarına görə hesablamaq olar. Bu halda izolyasiyanın iti uclu elektrodlar arasında işləməsinə nəzərə alaraq aşağıdakı formula istifadə edilir:

$$U_f = k_t \sqrt{\Delta} \quad (1.22)$$

burada $k_t=5,2$; U_f – faz gərginliyi, kV; Δ – damar və torpaqlanmış köynək arasındakı izolyasiyanın qalınlığıdır.

4. Bərabərləşdirici konusun uzunluğu və formasının hesablanması. L_{ab} -nin qiymətinin hesablanmasında (1.21) kondensator elementləri arasında olan izolyasiyanın keyfiyyətinin yüksək olması səbəbindən, ESG-nin tangensial təşkiledicisini $E_t=6 \text{ kV/mm}$ götürmək olar.

$$L_{ab} = \frac{U_{hes}}{6} \cdot \ln \frac{R_{sar}}{r_0} \cdot \ln \frac{R_{43}}{r_0} \quad (1.23)$$

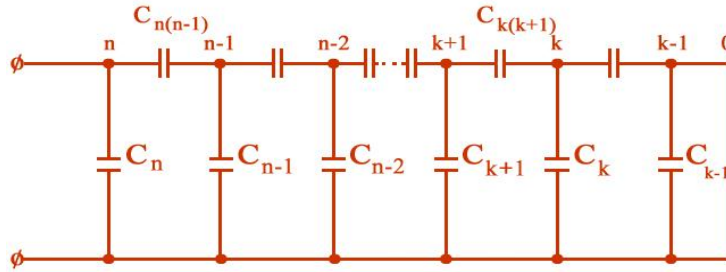
5. C_{kel} – nin tutmalarının hesablanması. C_{kel} -in qiymtlərinin hesablanması (1.21) və (1.22) formulaları və şərtləri ilə aparılır.

Kondensator tipli sonluq sarğılarının hesabında məqsəd, bərabərləşdirici ab konusunun uzunluğu və formasının təyini şəkl.1.4, həmçinin sonluq muftasında elektrik sahəsinin tənzimlənməsi üçün olan kondensator köynəklərinin sayı və yerləşdirilməsinin tapılmasıdır.

Müxtəlif hallar üçün bərabərləşdirici konusun forma və ölçüləri yuxarıda verilmiş (1.20-1.21) formulalardan və daha sadələşdirilmiş şəkl.1.5 şəkildə hesablanıla bilər.

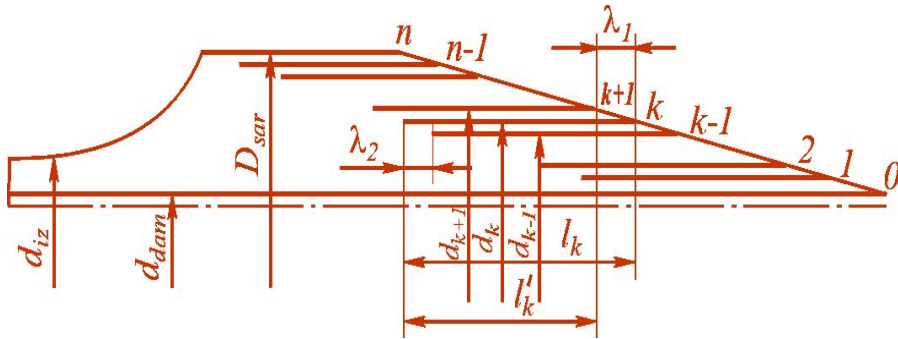
Kondensator köynəklərinin seçilməsi və yerləşdirilməsində metallik köynəklərlə damar arasında kondensator, qatlarının tutumlarının nisbətləri, həmçinin hər bir köynəyin çıxıntıları ilə yaratdığı tutum nisbətlərini nəzərə almaq lazımdır. Bu məqsədlə sonluq muftasının kondensator sarğılarının sadə əvəz sxemindən istifadə edirlər. Sxemdə metal köynəklərin bir-birinə nəzərən yaratdığı tutumlar $C_{01}, C_{12}, \dots, C_{k(k+1)}$ -lə, köynəklərlə damar arasındakı tutumlar isə $C_1, C_2, \dots, C_k, \dots, C_n$ -lə işarə edilmişdir. Bunlara analogi olaraq Rayxem plastmass izolyasiyalı kabel konstruksiyaların sonluq muftaları 2 izolə edilmiş torpaqlanma nöqtəsindən və 2 yaylı rolikli sıxaclardan ibarət olub ekran və zirehin ayrılıqda torpaqlanmasını təmin edirlər. Torpaqlamaların qovuşma yerləri hermetikləşdirilir, yapışqanlı mastika və istilikdən büzüşən boru ilə kip

örtülür. Əgər kabel izolyasiyası üzərinə kondensator köynəyi sarınmış olarsa, kondensator sarğılarının sıfırıncı köynəyi kimi kabelin damarı götürülür.



Şək. 1.5. Kondensator köynəklərinin sadə əvəz sxemi

Birinci köynək metallaşdırılmış bakelit üzərində olarsa onu yenə də sıfırıncı kimi qəbul edirlər. Axırıncı hal, zavod şəraitində ayrıca hazırlanmış sonluq sarğılara aiddir. Montaj edildikdə belə sarğılar bilavasitə kabel izolyasiyası üzərinə qoyulur və sıfırıncı köynək kabel damarı ilə elektriki birləşdirilir. n -ci köynək kimi, D_{sar} diametrlı sonluq sarğısının silindrik hissəsi üzərindəki köynək qəbul edilir.



Şək. 1.6. Kondensator köynəklərinin hesablanması üçün parametrlərin sxemi

k -cı köynəyin uzunluğu l_k -dir. k -cı köynəyin $k+1$ -ci köynəklə əmələ gətirdiyi silindrik kondensator hündürlüyünə k -cı köynəyin işçi uzunluğu deyilir və l'_k -lə işarə edilir. Şəkildən görüldüyü kimi $l_k = l'_k + \lambda_1$, burada λ_1 – kondensator lövhəsinin xarici çıxıntısıdır. Adətən λ_1 bütün kondensator köynəkləri üçün sabitdir.

Köynəklərin damarla silindrik kondensator əmələ gətirən hissəsi daxili çıxıntı adlanır və λ_2 ilə işarə edilir. λ_2 də bütün köynəklər üçün sabit götürülür.

Bunlardan başqa şək.1.6-də d_{dam} - kabelin damarının diametri; d_{k-1} , d_k , d_{k+1} – uyğun olaraq $k-1$, k , $k+1$ -ci köynəklərin diametrləridir.

Sadə əvəz sxeminin (şək. 1.6) ixtiyari k nöqtəsi üçün Kirxhov qanuna görə aşağıdakı tənliyi yazmaq olar:

$$(\varphi_{(k+1)} - \varphi_k) \cdot \omega C_{(k+1)k} = (\varphi_k - \varphi_{k-1}) \cdot \omega C_{k(k-1)} + \varphi_k \cdot \omega C_k \quad (1.23)$$

burada φ_{k-1} , φ_k , φ_{k+1} – $k-1$, k və $k+1$ nöqtələrinin potensiallarıdır.

Qatlardakı gərginlik paylanması bərabər olduğunu qəbul etsək, hər bir qatın gərginliyi üçün U/n alarıq:

$$\begin{aligned} \frac{U}{n} \omega C_{k(k+1)} &= \frac{U}{n} \cdot \omega C_{k(k-1)} + \frac{U}{n} \cdot k \omega C_k \\ C_{k(k+1)} &= C_{k(k-1)} + k \cdot C_k \end{aligned} \quad (1.24)$$

Əgər (1.24) ifadəsində $C_{k(k+1)}$, C_k və $C_{k(k-1)}$ tutumları hesablanarsa, onda kondensator qatlarının həndəsi ölçüləri arasında münasibət təyin edilir. Bu halda qatlara düşən gərginliklər bərabər və mufta izolyasiyası bütün aralıqlarda ε -u eyni olan kağızdan sarınmış olduğu nəzərdə tutulur:

$$\frac{l'_k}{\lg \frac{d_{k+1}}{d_k}} = \frac{l'_{k-1}}{\lg \frac{dk}{d_{k-1}}} + k \cdot \frac{\lambda_2}{\lg \frac{d_k}{d_{dam}}} \quad (1.25)$$

(1.25) ifadəsini kondensator köynəklərinin ölçülərinin və yerləşdirilməsinin hesabları üçün tətbiq etdikdə, 6 məchuldan 5-i (d_k , d_{k-1} , l_{k-1} , l'_{k-1} , l'_k , λ_2) məlumlar kimi qəbul edilməlidir.

Kondensator sarğılarının layihələndirilməsinə keçməzdən əvvəl, hansı parametrlərin verilənlər kimi götürülməsini müəyyənləşdirirlər.

Əgər sarğılardan hesabı ESG -nin qalınlıq üzrə sabit qalması şərti ilə aparılırsa, kondensator qatlarının qalınlığı və uyğun olaraq d_k , d_{k+1} və s., hər bir aralıqdakı orta və ya maksimal sahə gərginliklərinə görə asanlıqla hesablanabilir. Bu halda axtarılan kəmiyyətlər kondensator köynəklərinin uzunluqları olur. Sonluq sarğılarının bu üsulla layihələndirilməsində muftanın diametrini kiçiltmək mümkündür. Lakin muftanın boşalma xarakteristikası bu halda bir qədər pisləşir.

Sonluq sarğılarını həmçinin ESG -nin, sarğının səthi üzrə sabitliyi şərtindən hesablamaq olar. Bu hesabatlarda sarğının radial ölçüləri böyük alınsa da, boşalma xarakteristikaları yaxşılaşır. Bu halda, bütün kondensator

көйнәкләринин узунлуқлары мәлум олур. Сонра исә (1.25) тәнлији d_{k+1} -ә гөрә һәлл edilir:

$$\lg d_{k+1} = \frac{\ell'_k}{\frac{\ell'_{k-1}}{\lg d_k / d_{k-1}} + k \frac{\lambda_2}{\lg d_k / d_0}} + \lg d_k \quad (1.26)$$

“Raychem” kompaniyasının әn çox istehsalı бөүк çешидә olan sonluq mufta məmullatlarıdır. Onlar 0,4 kV-dan başlayaraq, 380 kV –a qədər nominal gərginliyә, plastmass, rezin, kağız izolyasiyalı, 1 və 3 damarlı kabellərə uyğun olan muftalardır. Onlar һәм sabit, һәм дә dəyişән gərginliklərә hazırlanırlar. 0.23 – 1 kV sabit cərəyan plastmass və kağız izolyasiyalı kabellərin sonluq muftaları Mİ və MİND markaları ilə, tək damarlı kabellər üçün buraxılır. Onlar Rusların SB2pQ, ASB2I, SBQ, ASBU, N(A)KLEY, N(A)KBY markalı kabellərə aiddirlər.

13.1.8. Конденсатор кюйнякляринин юлчцляринин щесаблинмасы

Конденсатор кюйнякляринин сайы бурахыла билин електрик сация эярэинлийинин щяр бир гатда бярабярлийи щяртиндян щесаблиныр:

$$N = \frac{U_h}{1,75E_{op}} \quad (13.1.43)$$

Муфталарын лайищяляндирмя тяжрцбяляриня эюрә H -и эярэинлийя эюрә ашабыдакы кими сечирляр: 110 кВ– 6-8 ядыд; 220 кВ– 14-16-ядыд; 330 кВ – 24 ядыд, 500 кВ цццн ися 30-а гядяр эютцрцццр. (13.1.43) ифадясиндя $U_{щ}$ – щесабат эярэинлийи, кВ-ла; E_{op} – муфтанын орта радиал сация эярэинлийи ($E_{op}=0,9E_p$), кВ/мм; 1,75 – vигуғи технолоўи сябяблярдян сечилмиш конденсатор гатларынын минимал галынлыбыдыр.

$ECЭ$ -нин танэенсиал тяшкиледижисинин сабитлийи щяртиндя муфталарын щесабатлары апарылдыгда бцццн гатларда дахили вя харижи чыхынтылар ейни олмалыдыр, лакин мццхтялиф технолоўи сябяблярдян $\lambda_1 \neq \lambda_2$ олур. Она эюрә H -жи лющянин узунлуўуну вя λ_1, λ_2 - нин гиймятлярини гябул етдикдя ашабыдакы формуладан k -ны щесабламаг олар:

$$l_k = l_n + (\lambda_1 - \lambda_2) (N - k) \quad (13.1.44)$$

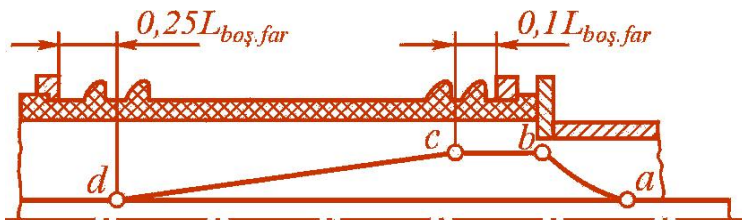
Экранлашдырма эффекти вя бошалма эрэинлийинин артырылмасы мягсяди иля сонунжу конденсатор кюйняйинин (l_n -нин) узунлуу, фарфор эювдянин харижи арматурундан 15-20 % буюцк ($0,15 \div 0,2 L_{\text{бошфар}}$) эютцрццр (шяк.13.1.13, б нюгтяси). Йеня щямин шяртляря уйьун олараг, торпагланмыш H -жи кюйняйин сонунжу нюгтяси (шяк. 13.1.13, д-нюгтяси) фарфор чархын торпагланмыш фланесиндя $L_{\text{бошфар}}$ -ун 10-15%-и гдяяр артыг олажагдыр. Тяжрцбяляр эюстярир ки, дахили изолясийаынын беля йерляшдирилмяси бошалма характеристикасыны йцксялдир. Дахили електрик сачьясинин тянзимлянмясинин бу шяртляри ХЛПЕ изолясийалы 110 кВ вя йцксяк эрэинликли кабеллярин композит «РАЙХЕМ» муфталарынын монтаьында истифадя едилир. Бу мцлащизялярдя сыфырынжы кюйняйин сону дамарын потенциалына малик олуб (шяк. 13.1.13) металл арматура щиссясиндя $L_{\text{бошфар}}$ -ун 20-25%-и гдяяр мясафдя йерляшир. Онда бцтцн кянар чыхынтыларынын жямия бярабяр олан $L_{\text{он}}$ узунлуу

$$L_{\text{он}} = \lambda_1 N \approx (0,5 \div 0,6) L_{\text{бошфар}} \quad (13.1.45)$$

$$\lambda_1 = \frac{(0,5 \div 0,6) L_{\text{бошфар}}}{N}$$

олажагдыр. Силиндрик конденсатор кюйняйинин дахили чыхынтысы - λ_2 , ашаьыдакы бярабярликдя тапылыр.

$$\lambda_2 = U_{\text{цес}} / E_{\text{т}} H \quad (13.1.46)$$



Шяк.13.1.13. Конденсатор сарьылы ичлийин фарфор чарх (харижи изолясийа) ичярсиндя йерляшдирилмяси

(13.1.42) дцстуруна эюря, икинжи, цццнжц вя с. гатларын диаметрлярини ардыжыл олагаг щесаблаырлар. Бу заман биринжи гатын галынлыбы вя диаметри верилмиш олур. Адытян биринжи гатын галынлыбы $2,5 \div 3$ мм эютцрцлцр.

Конденсатор кюйнякляринин диаметрляри тыйин едилдикдя, ахырынжы гатларын галынлыглары технолоъи гайдаларын яксиня олагаг 1,75 мм-дян кичик алына биляр. Бу щалда (13.1.44) дцстуруна эюря щямин гатларын юлчцляриндя дцзялиш апарырлар. Беля ки, гатын галынлыбы артыгда тутумун азалмамасы цццн йа сыхлыбы даща чох олан кабыздан, йа да узунлуъу буюцк олан конденсатор кюйнякляриндян истифадя едилер. Яэяр бунлар арзу олунан нятижя вермязся, биринжи гатын галынлыбыны торпагланмыш сон кюйняйин узунлуъу вя чыхынтыларыны дяйишдириб щесабаты йенидян тякрав едиляр. Сашянин тянзимлянмясиня аид апарылмыш щесабатларын нятижяляри ОЩВТ типли «РАЙХЕМ» муфталарында хцсуси юлчцлц йарымкечирижи силикон конусларын тятбиги иля щялл едилмишдир §§ 13.1.7 вя 17.1.4.

Кабел арматурларындан електрик, истилик вя конструктив щесабатларына эюря мцряккяб - конденсатор тип изолясийа кими, щесабланан сонлуг муфтасыдыр. Ади изолясийалы (садя сарылы) сонлуг вя бирляшдирижи муфталарын щесабатлары ися, даща асандыр. Онларын щесабат алгоритмляри конденсатор типли изолясийасы олан муфтанын тяркиб щиссясидир. Она эюря, конденсатор тип изолясийасы олан сонлуг муфтасынын щесабатына бахаг.

Щесабатлара дахили конденсатор тип изолясийаынын щяндяси юлчцляриндян башлайырлар. Щесабатларда, верилян кабелин щяндяси параметрляриня ясяян, тапылмасы истянилян муфта параметрляри, конденсатор кюйнякляринин юлчцляри, бярабярляшдирижи конус вя бцццн изолясийа сарысынын юлчцляри тыйин едилер. Конденсатор гатларынын вя цмуми сарыларын юлчцляри ардыжыллыгла щяр бир гатын галынлыбынын тапылмасы иля апарылыр.

Муфталар кабел дамарларынын ачылмыш изолясийасыз сятциндян башлайараг ял иля изоля едилян бир конструкциядыр. Она эюря, бирляшдирижи вя сонлуг муфталарында мяркяздян башлайараг цч ясас изолясийа щиссясиня хцсуси диггят едилер: - *аб, бж, жд шяк.13.1.13.*

Бошалмаларын гаршысыны алмаг цццн онларын арасына кечирижи лувщяляр (конденсатор кюйнякляри) сарыныр шяк.13.1.6. Бу лувщяляр каэыз гатлы изолясийанын 4-6 мм галынлыгларындан бир r_u радиуслары цзря сарыныр вя електрик сашя эярэинлийинин тянзимлянмясиня сябяб олур. $r_u - P_x$ –я бярабяр олдугда, муфтанын

дахили сарэсынын ян буюцк радиусу –коник щиссянин сону ва цилиндрок щиссянин радиал юлчсц алыныр. Силиндрок щиссянин узунлуг юлчсцц *БЖ* муфтанын дахили экранлашма шяртляриня эюря тьяин едилир. Сонра бу йцксяк эярэинлик муфтасынын - *ЖД* тярс коник щиссяси монтаъ едилир. Бу йолла монтаъ едилмиш дахили изолйасийа муфтанын мис эювдяси цчярисиня йерляшдириляряк шерметик гайдада гападылыр. Муфтанын цст щиссясиндя йаъ долдурулмасы цчцн дялик ва клапан вардыр.

Муфталарын щесабатларынын илк аддымларында вериланлярин дьяишдирилмасы иля онлара дцзялишляр едиля биляр. Нятижяляря эюря апарылан бу дцзялишлярин сябяби, муфталарын монтаъыны мцтярягги технолобийя ва техники имканлара уйьунлашдырмагдыр. Щесабатлар кифайят гядяр зящмятли ва щяжмли олдуьундан онларын компцтерлярдя апарылмасы мягсядя уйьундур. Щесабатлар цчцн (13.1.42)-йя аналоъи олан ашаьыдакы ифадыляр истифадыя едилир[25]:

$$\ell n d_{k+1} = \frac{\ell'_k}{\frac{\ell'_{k-1}}{\ell n d_k / d_{k-1}} + k \frac{\lambda_2}{\ell n d_k / d_0}} + \ell n d_k \quad (13.1.47)$$

$$L_{ab} = \frac{U_{hes}}{E_\tau} \ell n \frac{\varepsilon_2 \ell n D_1 / d_0 + \varepsilon_1 \ell n D_s / D_1}{\varepsilon_2 \ell n D_1 / d_0 + \varepsilon_1 \ell n D / D_1} \quad (13.1.48)$$

бурада *k* -конденсатор кюйняйинин нюмряси (дамардан экрана тьяряф артыр);

d_k – шяр бир конденсатор гатынын диаметридир;

d₀ – дамарын диаметридир;

l_k - *k*-жы конденсатор кюйняйинин узунлуьудур;

l_k - *k*-жы кюйняйин тутум йарадан ишчи узунлуьудур;

λ₂- конденсатор кюйняйинин дахили чыхынтысыдыр;

U_{щес}- изолйасийа цчцн щесабат эярэинлийидир, кВ;

E_τ – танэенсиал щесабат сащя эярэинлийидир, кВ/мм;

ε₁ , *ε₂* - дяржялянмиш кабел каьыз изолйасийасынын биринжи ва икинжи гатларынын диелектрик нцфузулулугларыдыр;

D – дяржялянмиш кабел изолйасийасынын икинжи гатынын диаметридир;

D_1 – дяржялянмиш кабел изолйасийасынын биринжи гатынын диаметридир;

D_c – изолйасийа сарьысынын диаметридир;

(13.1.47) формуласында олан шяндяси юлчяляря аид кямийятляря ашаьыдакы кими тьяин едилирляря:

$$\mathcal{U}_{\bar{b}m} = 1,15 \cdot U_{\bar{c}b} / E_{\bar{c}b}; \quad l_k = l_n + (\lambda_1 - \lambda_2)(n - k); \quad l'_k = l_k - \lambda_1; \quad L_n = 0,2 \cdot \mathcal{U}_{\bar{b}m}$$

$$\lambda_1 = \frac{0,6 \cdot h_{bm}}{n}; \quad \lambda_2 = \frac{U_{hes}}{E_v \cdot n} \quad (13.1.49)$$

бурада n - конденсатор кюйняйинин цмуми сайы;

l_c – сонунжу конденсатор кюйняйинин узунлуьу;

λ_1 - конденсатор кюйняйинин харижи чыхынтысыдыр;

$\mathcal{U}_{\bar{b}m}$ -фарфорун щцндцрлщцц иля бошалма мясафясидир;

$U_{\bar{c}b}$ -фарфор изолйаторун гуру бошалма сынаг эярэинлийидир, кВ;

$E_{\bar{c}b}$ -бурахыла биян гуру бошалма сынаг эярэинлийидир, кВ/мм;

Тьяин олунмуш шяндяси юлчялярин оптимал олдуьуну йохламаг щццн, конденсатор сарьыларында радиал електрик сая эярэинлийини E_{pk} щесабламаг лазымдыр:

$$E_{rk} = 2 \cdot \frac{U_f}{\varepsilon_1 d_k \left(\frac{1}{\varepsilon_1} \ln \frac{D_1}{d_0} + \frac{1}{\varepsilon_2} \ln \frac{D_n}{D_1} \right)}, \quad (13.1.50)$$

бурада E_{pk} - k -жы конденсатор кюйняйинин максимал радиал сая эярэинлийидир, кВ/мм;

U_f – шябьякянин фаз эярэинлийидир, кВ.

Hesabatlarda әvvәlcә (13.1.48), (13.1.49) ifadələrinә görә daxili kondensator köynәklәrinin radial ölçülәri tapılır. Әgәr, sonuncu kondensator izolyasiyanın qalınlığı D_c texnoloji D_t qalınlıqdan kiçik olarsa, hesabat tәkrar aparılır. Tәkrar hesabatlarda birinci qatın izolyasiyası 0.5 mm artırılır. Tapılmış ölçülәrin optimallığını yoxlamaq üçün (13.1.12) formulası isitfәdә edilir. Nәticәdә, işçi sahә gәrginliyi buraxıla bilән gәrginliyə yaxın olarsa hesabat bitmiş olur.

13.1.9. Tikilmiş polietilen TPE izolyasiyalı kabellər

TPE üzvi quruluşlu polietilenin eninә tikişlәri olan modifikasiyasıdır. TPE keçән әsrin 60-cı illәrindә ABŞ-da alınmışdır. Adı $(-C_2H_4-)_n$ polietilendән fәrqi zәncirlәр arası C-C rabitәsinin olmasıdır. Hәр 1000 rabitәyə 2, 3 әdәd yan tikiş olması ilә polietilenin хәtti quruluşu fәza strukturuna keçir vә onun

istilikkeçirmə, mexaniki və elektrik möhkəmlikləri xeyli yüksəlir. Ukrayna və Rusiya kimi, yaxın ölkələrdə də 6, 10-110 kV gərginlikli TPE kabellər hazırlanır. 2009-cu ildə Zirə kabel zavodu və Sumqait Texnoloji parkında 35-330 kV TPE izolyasiyalı kabel istehsalına başlanmışdır. Bu kabellər sadə koaksial konstruksiya quruluşlara malikdir 13.1.14.

İstehsal və istismarının texniki-iqtisadi göstəriciləri yağıdoldurulmuş kabellərdən daha üstündür. Çəkiliş və istismarı asandır, əlavə qurğuların və yağ saxlayıcı muftalar tələb olunmur.

TPE kabellərin hər 1 km-ə aşağıda ifadə olunan tutum parametri düşür:

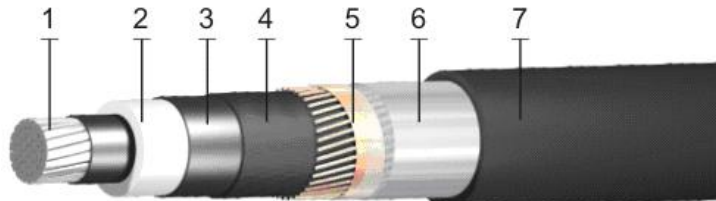
$$C_x = \frac{5,56 \cdot \varepsilon_n}{\ln \frac{D}{d}} \cdot 10^{-2} \quad \mu F / km \quad (13.1.51)$$

Kabelin 1 fazının malik olduğu tutum cərəyanı isə, $I_0 = U_0 \cdot \omega \cdot C_x$ olub, 100-150 mA təşkil edir.

35 kV-dan yuxarı gərginlikli, uzun məsafələrə çəkilmiş TPE izolyasiyalı kabelin müəyyən məsafələrdə torpaqlanma və transpozisiya edilməsi lazımdır. Bunu məqsədi induktiv, tutum parametrlərinin, uzunluq boyu artan statik yük və gərginliklərin balanslaşdırılması və induksiya təsirinin tənzimlənməsidir.

TPE kabellərdə induktiv müqavimət: $x=0,145 \cdot \ln(3D_{or}/d)$, induktivlik isə $L=4,44 \cdot 10^{-4} \ln(3D_{or}/d)$. Burada $3D_o$ –üçfazlı çəkilişdə kabellərin orta hündəsi ara ölçüləri, d- bir damarın diameridir. İnduktiv müqavimətin yaratdığı gərginlik düşküsi kabelin elektromaqnit induksiyasında yaranan e.h.q-sini kompensasiya edir: $U=3\omega L I_0=E$

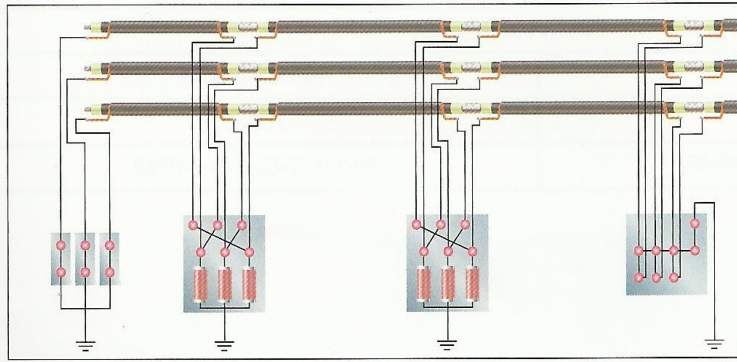
TPE kabellərinin keçirici mis ekranları və onlar üzərinə sarınmış lentşəkilli kontak lövhəsi nisbətən kiçik en kəsiyinə malikdir. Ona görə müqavimətlərin böyük olması ekran itkilərini artırır.



- 1 - damar
- 2 - izolyasiya
- 3 - ekran
- 4 - даіраві Al мяфіл юртүк
- 5 - нямік мцһафізя стріфлекс юртүцү
- 6,7 - мцһафізя PVC шланг юртүцү.

Şək.13.1.14. 6,10-35 kV TPE izolyasiyalı kabelin konstruksiyası

Torpaqlanma aparılan yerlərdə kabellərin transpozisiya edilməsi yaxşı nəticə verir. Tras boyu transpozisiya cüt sayda aparılmalıdır, Şək.13.1.15. Bunun üçün kabel trası 3 yerə bölünür, ara nöqtələrin quyularında həmin əməliyyatlar aparılır. TPE izolyasiyalı kabellərin damar və izolyasiyası üzərində yarım keçirici ekran çəkilir. Damarın üzərinə çəkilmiş yarımkeçirici örtük elektrik sahə gərginliyinin bərabərləşdirilməsi və izolyasiyanın damara toxunan iç səthində qismi boşalmaların qarşısının alınması üçün istifadə edilir.



Şək.13.1.15. TPE izolyasiyalı kabellərin torpaqlanma və transpozisiya sxemi

13.1.10. Müxtəlif kabellər üçün itilikdən büzüşən muftalar

Son zamanlar 6,10-35 kV kabellərdə “RAYXEM” firmasının birləşdirici və sonluq muftaları istifadə edilir. Bu muftaların izolyasiya materialları itilikdən büzüşmə xüsusiyyətlərinə malikdirlər şək.13.1.8. Mufta komplektində olan izolyasiya və hermetikləşdirici materiallar ağ, sarı, və qırmızı rənglərdə olur. Montaj qaydaları əlavə təlimatda izah edilir. Plastik və yağ-kağız izolyasiyalı kabellərin sonluq muftaları şək.13.1.8-də göstərilmişdir. Yağ-kağız izolyasiyalı kabellərin sonluq muftaları 12 adda materialla təchiz edilir. Elementlər rəngləri, növləri, kabel damarları və konstruksiyalarına görə fərqlənirlər. Məsələn, $70-150\text{mm}^2$ damar en kəsiyi olan kabel üçün:- 1) 4 ədəd qalınlığı 1.2 mm uzunluğu 50·120 mm kipləşdirici lenta, 2) 4 ədəd 500 mm uzunluqda sahə tənzimləyici lenta, 3) 3 ədəd şəffaf yağadavamlı boru, 4) 3 ədəd D-36 mm və L=900 mm ölçüdə qırmızı rəngli izolyasiya borusu, 5) 6 ədəd D-36 mm, L=200 mm-lik qırmızı rəngli manjetlər, 6) 1 yaylı polad lenta (torpaqlanma üçün), 7) bir ədəd tel hörgülü, ucluqlu qalaylanmış mis baağlantısı, 8) qalaylanmış bandaj sarğı m\ftili, 9) birədəd damarlararası konik parafin və ya aradoldurucu sarı lentadan tıxac, 10) 1 ədəd silindrik, D-70mm, L-180mm qara rəngli boru, 11) bir ədəd 3 barmaq qara boru D-72mm, L-

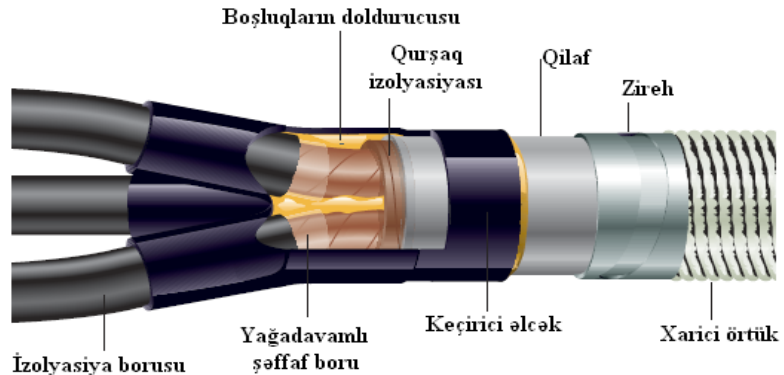
180mm, 12) qırmızı rəngli, eni 40 mm, uzunluğunu 160 mm olan kipləşdirici sarğı lenta elementi vardır.

Elementlərin montajı üçün bir sıra ardıcıl texnoloji əməliyyat aparılır: I kabel damarları (150-240 mm² en kəsiyi olan) 1100 mm uzunluğunda açılıb soyulur. Kabelin mühafizə örtüyü, zirehi və qılaflı təmizlənir. Bu zaman açılan ucdan bandajlar qoyulmaqla zireh qılafdan 80 mm artıq, qılaflı isə, yarımkeçirici örtükdən 5 mm artıq ölçüdə açılır. Sonra qurşaqlıq izolyasiyası tamamilə, damar izolyasiyasının isə 2 qatı soyulur. Plastmass izolyasiyalı kabellərdə isə, yarımkeçirici örtük ekrana 40 mm məsafədə sıyrılıb təmizlənir. Soyulub təmizlənən kabeldə ekran paylarının saxlanması elektrik sahə gərginliyinin kəskin dəyişməsinə qarşı olan bir tədbiridir.

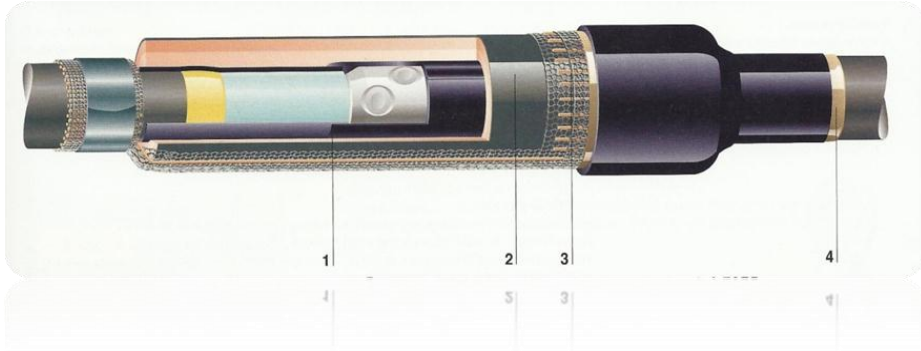
6 (10) – 35 kV kabellərdə isitilikdən bütüncü konstruksiyalı birləşdirici muftalar da son zamanlar geniş tətbiq edilir şəx. 13.1.16.

Onlarda yuxarıda adları çəkilən bütün elementlərlə yanaşı, ümumi plastik örtük, kabel damarlarını birləşdirən gilzalar, ayırıcı elementlər və hər iki tərəfə torpaqlama vermək üçün qalaylanmış, çoxtelli mis məftillər vardır.

Bəzi hallarda Rus markalı CC, CTEΦ, KMO, KHO və s. muftalar istifadə edilir. Onlarda soyulub təmizlənmiş damarların kənarları epoksid, izolyasiya qətranları, bitumlar və s. maddələr doldurulur. Muftaların içərisinə doldurulan əvvəlcə duru vəziyyətdə, sonra isə tədricən qatılacaq maye və bərkimə kütləyə çevrilir. Doldurucu kütlənin bərkiməsi və soyumasından sonra KX-i işə qoşulur. Çünki, isti qətranın elektrik müqaviməti və elektrik deşilmə gərginliyi azalır. Şəx13.1.17-də CC tip PVX muftasının əsas elementləri göstərilir.:



- 1-izolyasiyalı damar borunun altında yerləşir,
- 2-istilikdən büzüşən boru izolyasiya
- 3-izolyasiya manjeti
- 4-istilik büzüşən üst örtük izolyasiya (üçbarmaq)
- 5-üst silindrik izolyasiya örtüyü
- 6-konik izolyasiya (damarlar arası tıxac)



Şəkil 13.1.16. `RAYXEM` tipli muftanın yasas konstruktiv elementləri

14. ИФРАТ ЭЯРЭИНЛИКЛЯРИН ЩЕСАБЛАНМАСЫНЫН ХЦСУСИ ЦСУЛЛАРЫ

14.1.1. Коммутасийа просесляриндя йаранан дахили ифрат эярэинликляр

Електрик шябякляриндя мцхтялиф сябяблярдян йцксяк эярэинлик ачарларынын планлы вя йа автоматик олага ачылыб гапанма коммутасийалары електрик-магнит просесляри йарадыр. Бу заман електрик ютцрцжц щава хяттляри (ЕЮХ), ишляджиляр вя эярэинлик мянбяляриндя ибарят олан йцксяк эярэинлик шябякляриндя жярйян вя эярэинликлярин сярбяст ряслянямя характерляри мейдана чыхыр. Щава хяттляри узун мясафяляря чякилдийиндя, онларын електрик параметрляри (*L, P, Ж, Э*) мясафяйя эюря пайланмыш характер дашыйыр. Бу ряслярин мянбяи ачылма, гошулма вя гяза комутасийалары заманы, схемдя олан хяттин пайланмыш тутум вя индуктивликляри иля, ишляджи вя мянбяин йыьжам тутум вя индуктивликляри арасындакы *электромагнит енерьи мцбадилясидир*. Беля мцряккяб характерли параметрляр вя коммутасийалара малик олан шябяклярдя енерьи мцбадиляси заманы йаранан жярйян вя эярэинлик ряслянямяляри *ифрат жярйян вя эярэинликляря* сябяб олур. Бу щалда баш верян кечид просеси заманы бцтцн кямиййятляр щям замана, щям дя хятт бойу олан мясафяйя эюря дийишир. Лакин садялик цццн, щесабатларда хяттин биринжи параметрлярини вя мянбяин кежид мцгавимятлярини (*x' вя x''*) сабит эютцрцрляр. Буна бахмайараг йаранан ифрат эярэинликлярин щесабатлары йеня мцряккяб олага галыр. Енерьи мцбадиляси заманы жярйян вя эярэинлик йарадан електрик-магнит рясляри хятт сонлугларына гошулмуш мянбя вя ишляджилярин дахили

мцгавимятляриня чатаркян мцяййян щисся онлардан кечир, галаны якс олунараг бу параметрляря уйьун шякилдя тящриф олунарлар. Енерьи мцбадиляси вя електромагнит рягслянмяляри иля мцшашидя олунан кечид просесляриндя жярйян вя эярэинлик щям заманын башланьыж шяртляриня, щям дя шябьякдя олан бирляшмялярин сящяд шяртляриня эюря дяйишир. YG-in бу режимлэриндэ real тэкрүбэлэрин апарылмасы баһалы вэ мүрэккэб олдуьундан, рiyazi модллэшмэ даһа сэрфэлidir. Riyazi моделлэшмэдэ бир чох параметрлэри дэвишэрэк һесабатлар апармақ олур. Коммутасија вэ қэза һалларинин характери дэвишдикдэ һесабат нэтицэлэринин дэвишмэси сүрэтли анализэ имкан verir.

14.1.2. Elektrik ötürücü xətlərin simmetrik kommutasiya rejimlərində gərginlik və cərəyan hesabatlari

Xəttin sonu açıq оlanda açılma вэ қошылма коммутасијалары аьыр һаллара аидdir. Чүнки xəttin sonunda işlədici olmadıьından вэ ya $Z_{is} \rightarrow \infty$ *olduьundan*, elektromaгnit dalğaları xəttin sonundan öz işarəsilə əks olunaraq гərginliklərin ikiqat вэ даһа чох artmasına səbəb olur. Zaman keçdikcə sənaye tezliyi ilə mənбəin гərginliyi xətdə fazaca дэвишir. Xəttin uzunluьу artdıqca faz fərqi даһа чох təsir edir.. Məsəlн, uzunluьу 1500 km olan xətt $\frac{1}{4}$ periodlu, 3000 km xətt isə yarımperiodlu faza дэвишмэси verirlər. $1/4$ (90^0 faza) perioda uyьun olan uzunluьqda mənбəin гərginliyi xəttin əvvəlində sıfırdan keçərək müsbət tərəfə artdıqda, xəttin sonunda һəmin anda гərginlik 90^0 -ni keçib azalmaya tərəf дэвишir.. Xəttin belə uzunluьları гərginlik вэ сərəyanların rezonansını yarada bilər.

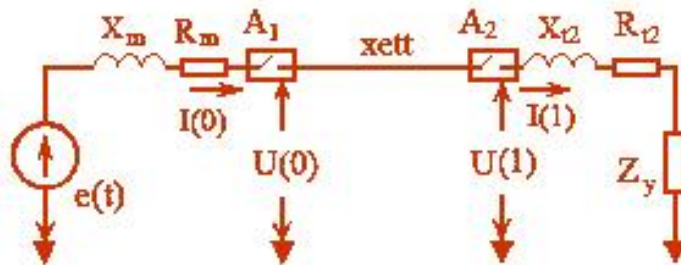
Хятляр симметрик реьимдя ишлядикдя орада йайьлан эярэинлик вя жярйян дальалары, пайланмыш системин тяк мяфтилли телеграф тянликляри иля щялл едилir. Хяттдя йайьлан эярэинлик вя жярйян дальаларына, мяфтилдя баш верян тажланма щадисяляринин вя йцксяк тезликлярдя мейдана чыхан сятщ еффеќти щадисяляринин тясири нязря алынмазса, щиперболик типли тянликляр эярэинлик вя жярйян дяйишмяляринин физики мащиййятини ифадя едилрияр:

$$\left. \begin{aligned} U(x, p) &= U(\ell, p) \cdot ch\gamma(\ell - x) + Z_d I(\ell, p) \cdot sh\gamma(\ell - x) \\ I(x, p) &= \frac{U(\ell, p)}{Z_d} \cdot sh\gamma(\ell - x) + I(\ell, p) \cdot ch\gamma(\ell - x) \end{aligned} \right\} \quad (14.1.1)$$

бурада x -хятт бойу ихтийари мясафя, ℓ - хяттин узунлуьу, p -Лаплас чевирмя параметри, $\gamma = \sqrt{(R + pL) \cdot (G + pC)}$ - хятт бойу жярйян вя эярэинлик дальаларынын *йайьлма ямсалы*, $Z_d = \sqrt{(R + pL)/(G + pC)}$ -

хяттда йайылын электромагнит дальаларына эюстярилян *дальа мцгавимятидир*. ЕЮХ-ри кейфиййятли электрик дюврялярина аид олдууу цццн, актив мцгавимят индуктив мцгавимятдян 12-15 дяфя кичик олур. О заман : $-p/2L=\sigma$, $p_m/L_m=\eta$, $\gamma=\sqrt{LC}(p+\sigma)$, $\gamma\ell=(n+\sigma)t$ кими гябул едилир.

Коммутасийа просесиня аид электромагнит рягсяляринин щяллиндя, хяттин (14.1.1) тянлийи иля онун яввяли вя сонунa гошулмуш, аппаратлар вя элементляр цццн Кирхщов вя Ом – а аид дювря ганунларыны нязря алмаг лазымдыр. Симметрик иш режими цццн коммутасийа олунан дювря бир хяттли схемля эюстярилик шяк.14.1.1. (14.1.1) тянлийи хяттда баш верян электромагнит дйишмялярини эюстярир. Лакин хятляр бир тяряфдян трансформаторлар вастияси иля мянбйя, дизяр тяряфдян йеня дя алчалдыжы трансформаторлар васитяси иля ишлядигиляря бирляшдирилир. Она эюря, хяттин вя она бирляшмиш системлярин гошулуб-ачылмасы заманы дюврянин параметрляринин сычрайышлы вя тяканла дйишмяси мцряккяб характерли электромагнит рягсялнмяляриня сябб олур. A_1 вя A_2 ачарларынын гапалы олдууу щалда (14.1.1) тянлийи иля йанашы, хяттин яввяли вя сонунa гошулмуш схемляря аид Кирхщов ганунунa эюря гярарлашмыш режим цццн оператор (комплекс дйишянли) тянликляри йазылыр.



Шяк.14.1.1. Симметрик иш режими шяртиндя электрик верилиши хяттинин тяк дювряли щесабат схеми.

Ачарлардан щяр щансы бири гапандыгда вя йа ачылдыгда ися, тянликляр Лаплас оператору иля ифадя едилир:

$$U(0, p) = E(p) - Z_m(p) \cdot I(0, p) \quad (14.1.2)$$

$$U(l, p) = I(l, p) \cdot Z(p) \quad (14.1.3)$$

бурада $Z_m(n)=P_m+nL_m$ - хяттин яввялиня бирляшдирилмиш мянбя вя трансформаторун оператор шякилиндя олан дахили мцгавимятляри; $Z(n)=P_{m2}+nL_{m2}+Z_u(n)$ - хяттин сонунa гошулмуш трансформатор вя ишлядигилярин оператор мцгавимятидир.

(14.1.2) вь (14.1.3) ифадялярини хьттин тянликляри иля бирликдя щялл етдикдя, $x=0$ вь $x=l$ сьрщяд шьртлярини нязьря алмаг лазымдыр, $x=0$ шьртиндя:

$$\left. \begin{aligned} U(0, p) &= U(l, p) \cdot ch \gamma l + \frac{z_d}{z} \cdot U(l, p) \cdot sh \gamma l \\ I(0, p) &= \frac{U(l, p)}{z} \cdot ch \gamma l + \frac{U(l, p)}{z_d} \cdot sh \gamma l \end{aligned} \right\} \quad (14.1.4)$$

(14.1.4) тянлийиндян симметрик реьимдя, йцклянмиш шьраитдя ишляйян хьттин ики ясас характеристик ифадьси: - эириш мцгавимьти вь ютцрмя ямсалы ашаьыдакы кими щесабланьр:

$$Z_{sup} = Y(0, n) / I(0, n), \quad (14.1.5)$$

$$K = Y(l, n) / Y(0, n). \quad (14.1.6)$$

Сонунжу тянликлярдян эириш мцгавимьти:

$$z_{gir} = z_d \cdot \frac{z \cdot ch \gamma l + z_d \cdot sh \gamma l}{z_d \cdot ch \gamma l + z \cdot sh \gamma l} \quad (14.1.7)$$

$$\text{вь ютцрмя ямсалы } K = \frac{1}{ch \gamma l + \frac{z_d}{z} \cdot sh \gamma l} \quad (14.1.8)$$

Эюрцндцйц кими, яьяр $z \rightarrow \infty$ оларса, (14.1.7) вь (14.1.8) формулалары хьттин сонунун ачыг олдцьц щала уйьун олараг ашаьыдакы садя функсийаларла ифадя едилир:

$$z_{gir} = z_d \cdot ch \gamma l \quad (14.1.9)$$

$$K = \frac{1}{ch \gamma l} \quad (14.1.10)$$

Сонунжу ифадяляр эьрэинлик мянбьяиня гошулмуш йцксцз хьттлярин щесабатларында (14.1.2) вь (14.1.4) тянликляри иля бирликдя истифадя едилир.

14.1.3. Йцксцз хьттлярин гошулмасында йаранан ифрат эьрэинликляр

Йцксцз хьттдя A_2 ачары ачыг олдугда, шьк.14.1.1, $z \rightarrow \infty$ вь $I(l, n) = 0$ олур вь (14.1.1), (14.1.4) тянликляри садяляшир. Бу реьимдя

хятт цццн йазылмыш (14.1.4) тянлийи, $V(0,n)$ -нин $-A_I$ нюгтяси цццн Кирхшов ганунундан алынан (14.1.2) ифадяси иля бирликдя щялл едилса ашаьыдакы мцнасибят алыныр:

$$E(p) - I(0, p) \cdot Z_m = U(l, p) \cdot ch\gamma\ell \tag{14.1.11}$$

(14.1.11) тянлийиндя, (14.1.4) тянликляр системинин $I(0,n)$ - цццн олан икинжи ифадясини нязря алсаг, ашаьыдакы ифадяляр йазылыр:

$$E(p) - \frac{U(l, p)}{z_d} \cdot Z_m \cdot sh\gamma\ell = U(l, p) \cdot ch\gamma\ell \tag{14.1.12}$$

(14.1.12) тянлийиндя хяттин сону цццн эярэинлийин ифадяси :

$$U(l, p) = \frac{E(p)}{ch\gamma\ell + \frac{z_m}{z_d} \cdot sh\gamma\ell} \tag{14.1.13}$$

Мцхтялиф *techniki* ядябийятларда (14.1.13) ифадясиндян заман областына кечмяк цццн, ишлянмиш усулларын нятижяляри верилмишдир [21-23]. Дурьун дальалар усулунда просесин физики изащыны айдынлашдырмаг цццн, (14.1.13) ифадясинин мяхряжиндян алынан характеристик тянлик щялл едилир [21]:

$$z_m + z_d \cdot cth\gamma\ell = 0 \text{ в я йа } z_m + z_{\text{вир}} = 0 \tag{14.1.14}$$

Бу ифадянин щяллиндя щиперболик косинус даиряви косинусла явзя едилир $жтццл = -ъжтэол$ в я мянбяин актив мцгавимяти P_m нязрядян атылыр. Бу щалда $z_m = \epsilon\omega L_m$ - функциасы ω - дан асылы, координат башланьыжындан кечян дцз хятт олур. Далья мцгавимяти z_d ися, сабит параметр кими гябул едилир. Тезлийи 0-дан артырараг (14.1.14)-дян $-ъжтэол$ функциасынын, графо-аналитик усулла $z_m = \epsilon\omega L_m$ дцз хятти иля кясишмясиндян мяхсуси кюкляри (тезликляри) тьяин едилир. Нятижядя харарктеристик тянлик цццн, сонсуз сайда сярбьест рьгслардян ибарят тезликляр сырасы алыныр $(\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n)$ щяк.14.1.2. Алынмыш сыранын мяхсуси кюкляри чыхыглар теореминдя йериня йазылдыгда (14.1.13) ифадясинин заман областында жьбри сыра щякилиндя функциасы тьяин едилир. A_I ачарынын гошулдуьу анда мянбяин эярэинлийинин сыфьрдан кечдийи щал уьурлу коммутасийа, максимумдан кечдийи щал ися, ифрат эярэинлик йарадан аьыр коммутасийа кими гиймятляндирилир. Она эоря гошулмада максимум гошулма бужаьына $\phi = \pi/2$ - уйьун олараг в я

$e(t) = E_m \cdot \sin(\omega t + \varphi) = E_m \cdot \cos \omega t$, (14.1.13) цццн заман областында ашабыдакы ифадя йазылыр:

$$u(l, t) = A_{qer} \cdot \cos \omega t - \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cdot e^{-\delta_k t} \cdot \cos \omega_k t \quad (14.1.15)$$

бурада ω_k – мяхсуси ряслярин бужаг тезликляри; $A_{зяр}$ – эярэинлийин мяжбури тяшкиледижисинин амплитудасыдыр:

$$A_{qer} = E_m / (\cos \omega \tau - \omega T \cdot \sin \omega \tau) \quad (14.1.16)$$

δ_k – k шармоникаларына уйбун сюнмя ямсалыдыр, A_k – сярбясэярэинликлярин рясляринин амплитудалары олуб ашабыдакы кими тыйин едилир:

$$A_k = E_m \frac{\omega_k^2}{\omega_k^2 + \omega^2} \cdot \frac{2}{\cos \omega_k \tau + \omega_k \tau / \sin \omega_k \tau}; \quad (14.1.17)$$

Сярбясэярэинлик рясляринин амплитудалары дыйишян ишаряли сыра тяшкил едирляр. Бу сыранын щяддляри k – ын сыра нюмряси артдыгжа азалыр, $t=0$ аны цццн, бцццн амплитудаларын жями кими ашабыдакы ифадя алыныр:

$$A_{зяр} - A_1 + A_2 - A_3 + \dots = 0 \quad (14.1.18)$$

Хцсуси шяртляр дахилиндя, заманын мцййян анында эярэинлийин мяжбури тяшкиледижиси вя биринжи ики сярбясэярэинликляри цстцстя дцщя биляр. Бу щалда, $t = \pi/\omega$ анында хятгин сонундакы эярэинлик максимал гиймят алыр щяк. 14.1.3:

$$U_{max} \approx A_{зяр} + A_1 + A_2, \quad (14.1.19)$$

Эярэинлийин зярбя ямсалы, U_{max} максимал эярэинлийин, $A_{зяр}$ гярарлашмыш эярэинлийя олан нисбятидир:

$$K_{zer} = \frac{U_{max}}{A_{qer}} \approx \frac{A_{qer} + A_1 + A_2}{A_{qer}} = 1 + \frac{A_1 + A_2}{A_{qer}} \geq 2 \quad (14.1.20)$$

Эюрцндцйц кими дахили ифрат эярэинлик щесабатлары, ЕЮХ–ин пайланмыш параметрляри (γ вя z_d) иля щялл едилдикдя дурьун дальалар методунда сонсуз сайда мяхсуси тезлкляр нязря алынмалыдр. Щяр бир тезлик цццн айрыжа хятт бойу йайылан дальаларын $\exp \delta_k$ - йа бярабяр (14.1.15) сюнмя декременти щесабланмалыдыр. Бу хейли чятинликляр йарадыр. Ядябийятларда щямин формула иля алынмыш ифрат эярэинлик яйриляринин асылылыглары верилир [15]. Щямин яйриляр 500 км узунлуглу, 500 кВ – луг сону ачыг олан ЕЮХ–ри цццн характеристик, щесабатлар вя тяжрцбьярляря тясдиг олунмуш нятижялярдир [30-32].

Бу мясялянин интеграл тянликляр, дискрет чевирмяляр вя бцкцлмя теореминин тятбиги иля алынан нятижяляриня бахаг. Бу мягсядя сону

ачыг олан хяттин(14.1.13)-я уйбун олан цмуми шыкилдя оператор тьянлийи йазылыр:

$$u(l, p) = G(l, p) \cdot E(p) = \frac{F(p)}{H(p)} \quad \text{шыкилиндя йазылыр} \quad (14.1.21),$$

бурада $E(p) = E_0 \left(\frac{p \cdot \sin \varphi}{p^2 + \omega_m^2} + \frac{\omega_m \cdot \cos \varphi}{p^2 + \omega_m^2} \right)$ ихтийари φ – бужабы иля хяття

гошулан синусоидал эярэинлийин Лаплас тясвиридир.

(14.1.13) ифадясинин мяхряжиндя йазылан *жццц* вя *сццц* функцийаларынын Эйлер явзялямялярини нязря алсаг, n -йя бюляряк сая чевирмяляр апардыгдан сонра $\Phi(n)$ вя $\Psi(n)$ цццн ашабыдакы ифадяляри йазмаг олар:

$$F(p) = 2z_d \cdot E_0 \left(\frac{\sin \varphi}{p^2 + \omega_m^2} + \frac{\omega_m \cdot \cos \varphi}{p(p^2 + \omega_m^2)} \right) \cdot e^{-\tau(s+\delta)}$$

$$H(p) = z_d [1 + e^{-2\tau(p+\delta)}] + (R_m + pL_m) \cdot [1 - e^{-2\tau(p+\delta)}] \quad (14.1.22)$$

Лаплас тясвиринин хяттилик хассясиня ясаян (14.1.21) ифадясини $\Phi(n) = y(l, n) \cdot \Psi(n)$ шыкилиндя йазмаг олар.

Заман областында ися, щямин ифадя

$$F(p) \rightarrow f(t) = \int_0^t u(l, \tau) \cdot h(t - \tau) \cdot d\tau \quad \text{кими йазыла биляр} \quad (14.1.23).$$

Сонунжу ифадя ахтарылан $y(l, m)$ функцийасы интеграл алтында олдуьундан $\phi(m)$ ифадяси *интеграл тьянлик* адланыр.

Сабит щесабат аддымы (Т) сечяряк, (14.1.23) ифадясиндя $\phi(m)$ функцийасынын жям шыкилиндя ачылышыны ашабыдакы кими эюстяряк олар:

$$f[nT] = T \sum_{m=0}^n u[l, mT] \cdot h[(n-m)T]$$

Соунунжу гапалы жям ифадясиндя, эярэинлийин цмуми $y[l, n]$ дискрет формуласы ашабыдакы кими тьяин едилир:

$$u[l, n] = \frac{f[n]}{T \cdot h[0]} - \frac{1}{h[0]} \cdot \sum_{m=0}^{n-1} u[l, m] \cdot h[n-m] \quad (14.1.24)$$

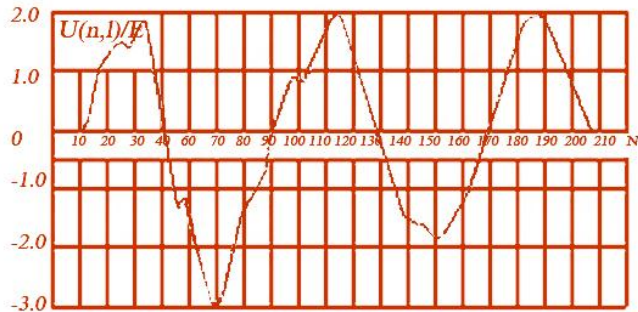
(14.1.24) ифадясиндя $\phi[n]$, $\psi[n-m]$ (14.1.22) тясвир функцийасына уйбун олан яядляр сырасыдыр. Онларын васитяси иля тьяин олунан $y[l, n]$ ися, заман областында дискрет n параметриндя асылы олан, ахтарылан ориьинал эярэинлик функцийасыдыр. (14.1.15) вя (14.1.24) ифадяляринин мцгайисяси вя мяслянин мцхтялиф усулларла щяллинин нятижяляриндя

икинжинин саялийи эюрцнцр. Чцнки, $\phi[n]$ вя $\psi[n-m]$ функсийалары синусоидал тясир вя моделляшдирижи вашид импулс функсийалардан ибартдир:

$$\begin{aligned} \phi(m) &= 2 \cdot \{ \sin \varphi \cdot \sin(m-\tau) + \cos \varphi \cdot [1(m-\tau) - \cos(m-\tau)] \} \cdot e^{-\delta \tau} \text{ вя} \\ \psi(m) &= 1 + 1(m-2\tau) \cdot e^{-2\delta \tau} + P_m - P_m \cdot 1(m-2\tau) \cdot e^{-2\delta \tau} + J_m \cdot \delta(m) - J_m \delta(m-2\tau) \cdot e^{-2\delta T} \end{aligned} \quad (14.1.25)$$

Бурада эятирилмиш моделляшдирижи $\delta(m)$ функсийалары верилмиш nJ_m (14.1.22) тясвириня уйбун олан импулсдур (Шяк.15.1.2 сол шякил). Йазылан програмларда $\delta(m)$ функсийалары айрыжа щесабланыр (мясялян, 274 сящифядя 19 вя 20 сятирлярдя щесабланмыш функсийалар). Цстлц e функсийалары хятт бойу йайылан дальанын сюнмя декрементини ифадя едирляр. $\phi(m)$ вя $\psi(m)$ орибинал функсийаларыны истифадя етдикдя, (14.1.24) ифадясиня уйбун жямин щялл едилмясиндя алынан яйриляр шяк.14.1.2 яйрисиня чох йахындыр. Бу моделляшдирмя усулу, алгоритмлярдя хяттин узунлуу, синусоидал функсийанын гошулма бужабы вя сюнмя ямсалынын асанлыгла нязря алынмасына имкан верир. Онларын асанлыгла дяйишдирилмяси, хяттлярдя мцхтялиф щалларда ифрат эярэинликлярин фяргли параметрляр вя гошулма бужабы иля щесабатларыны апармаг ццн чох сярфялидир. Щяр вариант ццн щесаблама интервалындан (n) асылы олараг, мцддят 10-15 сан чякир. Бу цсулла даща ужуж вя дягиг нятижяляр алыныр шяк.14.1.2.

Шяк.14.1.2 –дя верилмиш щесабат схеминдя А1 вя А2 ачарларынын мцхтялиф ямялийятлары нятижясиндя:- а) бир тяряфли гидаланан йцксцз хяттин, б) автоматик тяррар гошулма вя ж) гыса гапанманын ачылмасы щалында олан електрик ютцрцжц щава хяттинин коммутасийа ифрат эярэинликлярини щесабламаг мцмкцндцр. Она эюра бу схем симметрик реьимлярдя универсал щесабат схеми кими гябул едилир [50].



Yüksüz xəttin sinusoidal mənbəyə qoşulmasında gərginlik



Yüksüz xəttin qoşulma v ya qısa qapanmanın açılma sxemi

Шяк.14.1.2. Йцксыз хяттин синусоидал эярэинлийя гошулмасында хятт сону цццн алынмыш эярэинлик яйриси

Нятижядя реал хяттлярдя башалы вя абыр экспериментляр апармадан, йцксыз хяттлярин гошулмасында йаранан ифрат эярэинликлярин, верилмиш параметрлярдян асылы олан стастистик характеристикаларыны алмаг мцмкцн олур. Ашабыда (14.1.25) заман функциаларына уйбун олараг (14.1.24) рекуррент шякилдя шесабат алгоритмляриня уйбун «МАТЛАБ» програмы верилмишдир:

```
1   RM=0.02; LM=0.29; D=0.06; FI=1.5708; Lx=250;
2   W=314; TA=Lx*W/296000; T=Ta/10;
3   D0=exp(-D*T); D1=exp(-D*TA); D2=exp(-D*2*TA);
4   N=1200; N1=TA/T; N2=2*N1;
5   for K=1:N1
6     E(K)=0
7     Y(K)=1+RM
8   end
9   for K=N1:N2
10    X=(K-N1)*T
11    E(K)=2*D1*(cos(FI)-cos(X+FI))
12    Y(K)=1+RM
13  end
14  for K=N2:N
15    X=(K-N1)*T
16    E(K)=2*D1*(cos(FI)-cos(X+FI))
17    Y(K)=1+RM+D2*(1-RM)
```

```

18 end
19 Y(1)=Y(1)+LM*D0/T
20 Y(N2)=Y(N2)-D2*LM/T
21 R1=1/(T*Y(1)); U(1)=E(1)*R1
22 for M=2:N
23 L=M-1; K=M; S=0;
24 for I=1:L
25 S=S+U(I)*Y(K);K=K-1
26 end
27 U(M)=E(M)*R1-S/Y(1)
28 end
29 plot (U(1,1:N))

```

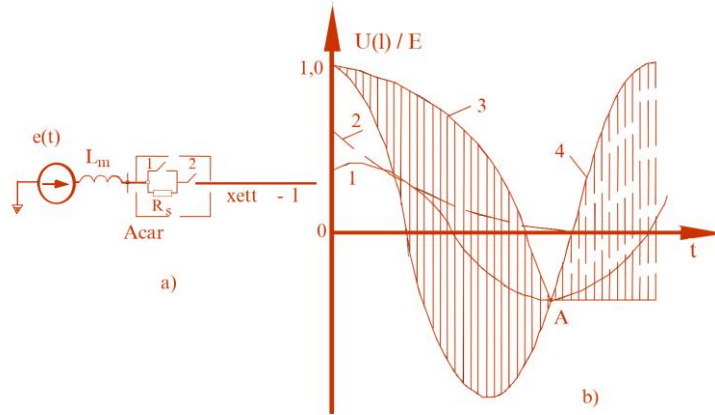
14.1.4. Iki pilləli açarlarla gedən kommutasiyaların analizi

Шяк.14.1.3 а)-да эюстярилян хяттин мцяййян мясафясиндя йаранан гыса гапанманын -ГГ ики пилляли ачарла ачылмасы верилмишдир. Бу заман, йаранан кечид просесинин эярэинлик яйриляри ися, шяк.14.1.2 б)-дя верилмишдир. Шяк.14.1.2 б)-дя верилянляр, хяттдя гыса гапанманын, $P_{и} = 3X_{зур}$ мцгавимяти олан ялавя контактла ачылмасы заманы йаранан кечид просесинин яйриляридир. Бурада, 1 яйриси хяттин гярарлашмыш эярэинлийи, 2 сярбяст рягсянмя эярэинликляринин яйриляридир. 1 вя 2 яйриляринин ज्याми, 3 яйриси кими тапылыр. Онунла мянбяин ещг-си 4-цн фярги ися, ачарын баш контактларынын бярпа олунан эярэинлийиня бярабярдир. Шякилдя эюстярилян А нюгтясиндя хяттин жярйяны сыфырдан кечдикдя, эярэинлик максимум олур вя бу анда ялавя контактлар ачылыр. Хяттдя сабит гиймятини сахлайан бир эярэинлик галыр. Шякилдя бцтюв хяттля штрихлянмиш сащя, баш контактлар арасында бярпа олунан эярэинлийи, гырыг хяттля штрихлянмиш сащя ися, ялавя контактлар арасындакы эярэинлийи эюстярир. $P_{и}$ мцгавимяти артдыгжа, баш контактлар арасында эярэинлик артар, ялавя контактлар арасында ися, азалар. $P_{и} = (2,5 \div 3)X_{зур}$ олдугда, ихтийари мярщялядя бярпа олунан эярэинликляр тяхминян ейни олажагдыр.

$$U_x = E \left\{ \frac{X_m}{\sqrt{R_s^2 + X_m^2}} \cdot \cos \left(\omega t + \arg \operatorname{tg} \frac{R_s}{X_m} \right) + \frac{R_s}{R_s + X_m} e^{-\frac{t}{R_s C}} \right\} \quad (14.1.26)$$

Анжяг, ялавя контактлар ясас контактлара нисбятян дащя аз жярйянлары кясирляр [47]. Бярпа олунан эярэинликляря эюря, ялавя контактлар дащя йахшы щярайтдя олурлар. $P_{и} = (1,5 \div 2,0)X_{зур}$ олдугда, ялавя контактлар цццн оптимал аралыг сайылыр. Хяттин узунлуьу 200 км

оларса, $P_{ш} = 3000 - 4000$ Ом тяшкил дир. Тяжрцбярдя $P_{ш} = 3000$ Ом гябул едилир.



Шяк.14.1.3.Йцксцз хяттин шунтлайыжы резистору олан ялава контактлы ачарла ачылмасы заманы йаранан кечид просеси. Эярэинлик яйриляри $P_{ш} = 3 X_{нпр}$ олдууу щал цццн алынмышдыр. 1-контактлар ачыларкян эярэинлийин мяжбуредижжи тяшкиледижиси, 2- эярэинлийин сярбяст тяшкиледижиси, 3-хяттин кечид эярэинлийи, 4-ецг мянбяинин эярэинлийи, А-ачарда жярйяанын гырълма нюгтяси

ГГ гзасындан сонра, хяттин гошулмасында йаранан ифрат эярэинликлярин мящдудлащдырылмасынын еффектив йолларындан бири АТГ-нин тятбигидир шяк.14.1.3. Коммутасийа (ачылма вя йа гошулма) моменти идаря олуан щалда, хяттин галыг эярэинлийи сыфыр гиймятли вя мцвяфяг АТГ ямялийаты алыныр. Бу мягсядя синхрон ачарлар тятбиг едилир. Синхрон ачарлара ачма-гапама импульсу жярйяанын вя йа эярэинлийин сыфырдан кечмясиня 0,001 сан галмыш вериля биляр. Бу да гыса гапанманын ачылмасы вя йа йцксцз хяттин гошулмасы цццн важиб олан ясас коммутасийа шяртидир. Гыса гапанма йериндя эярэинлик сыфра йахын олур. Яввялжя шяк.14.1.2-дя А2 ачарынын ачылмасына бахаг. Ачылмадан сонра хяттин сонунда эярэинлик гярарлашмыш гиймятиня гядяр артажагдыр. Эярэинлийин артымы, кечид просесинин рягслянмя щадисяси иля йарандыьындан сярбяст рягслярля гярарлашмыш эярэинликлярин жями ифрат эярэинликляря сярбяб олур.

ГГ-н ачылмасында хяттин сону цццн эярэинликлярин щесаблинмасы (14.1.15) формуласына ясаян апарылыр. Бурада хятт бир тяряфли ачылдыьындан, схем йцксцз хяттин гошулмасы щалына эялир. Она эюря гярарлашмыш реьимин амплитудасы вя сярбяст рягслярин мяхсуси тезликлярини ейни олажагдыр. Сярбяст рягслярин амплитудалары- A_k ися, фярглидирляр. Амплитудалар фяргинин сярбяби, хяттин

ачылмасындан яввял тутум йцкляринин долу, гошулмасындан яввял ися, онун йцксцз (бош) олмасыдыр. Она эюря, ГГ-ларын ачылмасында сярбьест рьгслярин амплитудасы, хьттин гошулмасы заманы олан A_k амплитудларындан кичик олур. Бундан башга, гошулма реьими цццн (14.1.18) –дьян фьргли олараг, ГГ –ын ачылмасында A_k -лар ейни ишарьали олурлар. $m=0$ анында башланьыж эьрэинлик: - $y(l, 0) = A_{сяр} - A_1 - A_2 - A_3 - \dots = 0$ вь $A_1 < A_{сяр}$ олур. Демяли, ГГ-н бир тьряфляри ачылмасында хьттин сону цццн щесаблинан биринжи сярбьест рьгслярин амплитудасы, мяжбури топлананын амплитудасындан кичик олур. Бу ися, ГГ-н ачылмасында зьрбьа ямсалынын 2-дьян бьуйцк олмадыьыны эюстьрир. Щесабатлар (14.1.15) вь (14.1.24) апарьыла билиьр. Щесабатларда ачылан схемин эиришиньа тьсир едьян мянбьа сахланылыр. Бу мянбьа ися, гьса гапанмадан яввял дьурьдьян ахан жьрьяйанын хьттин эиришиндья йаратдыьы $V(0)$ эьрэинлийиньа бьрабьар вь она якс гошулмуш бир тьсир кими эютцрцццр. Щьямин щесабат вариантына аид йьриляр ейни иля шьяк.14.1.2 а)-да верилянляря уйьундур. Онлар ейни иля щьямин мяхсуси тезликляря маликдирляр, сыфьрдан кечидляр вь максимал гиймятлярин йаранма моментляри дьяйишмир. Фьрг йалныз, амплитуданын тьсир едьян эьрэинлийин 2 мислиндьян бьуйцк олмамасындадыр.

14.1.5. Inteqral tənliklər üsulu ilə məsələnin analitik həlli

Deyildiyi kimi, şəbəkələrdə real təcrübələrin aparılması çox bahalı və bəzən mümkünsüz olur. Ona görə analizlərdə, riyazi modelləşdirilmə və alqoritmlərin işlənməsi daha sərfəlidir [26]. Bunu üçün bir sıra riyazi alqoritmlər hesabat üsulları işlənməmişdir. Bəzi kommutasiya və qəzalarda üçfəzli şəbəkənin qeyrisimmetrik tejimləri, böyük aktiv müqavimətlər, gərginlik və cərəyan kəsən mühafizə aparatları olduqda, *durğun dalğalar* metodu üsulunda məxsusi köklərin tapılması mümkün olmur. Aparılan hesabatların xətalrı çoxalır. Sxemlərin düyün nöqtələrində qeyrixətti və böyük müqavimətlər olduqda, *qaçan dalğalar* metodunun tətbiqi də çətinləşir. Belə hallarda tərəfimizdən işlənməmiş inteqral tənliklər üsulu daha effektivdir [27]. Bu metodun əsasını funksiyaların Laplas təsvirindən zaman oblastına keçdikdə istifadə edilən riyazi modelləşmə alqoritmləri təşkil edir. Burada ümumiləşmiş impulsiv δ funksiyalar və inteqral bükülmə isitfadə edilir. Riyazi modelləşmə üçün (14.1.1)–(14.1.6) tənlikləri əsasında nisbətən ağır rejim olan avtomatik təkrar qoşulma – ATQ üçün həmin metodun tətbiqinə baxaq.

Şək.14.1.4 hesabat sxemi üzrə A2 açarı yaxınlığında, QQ cərəyanlarının açılmasının hesabat alqoritmlərinə baxaq. Hesabat üçün xəttin QQ yerində açılan A2 açarının kontaktları arasında açılan cərəyana bərabər və onun əksinə yönəlmiş cərəyan mənbəi qoşulur. Sonra superpozisiya (toplama) metodu ilə ixtiyari x nöqtəsindəki gərginlik tapılır:

$$u(x) = u_{baş}(x) - \Delta(x) \quad (14.1.27)$$

burada $u_{baş}(x)$ – QQ xəttin x nöqtəsindəki başlanğıc gərginliyi, $\Delta u(x) - i(t)$ əks cərəyan mənbəyi qoşulduqda, x nöqtəsindəki gərginlikdir. Xüsusi halda xəttin qısa qapanmış son nöqtəsi üçün $u_{baş}(l) = 0$ olur. Operator şəkilində həmin nöqtədə aşağıdakı tənliyi yazmaq olar.

$$\Delta u(l, p) = -\dot{I}(l, p) \cdot z_{qq}(p) \quad (14.1.28)$$

burada z_{qq} - xəttin qısa qapanmış son nöqtəsinə görə qiriş müqavimətinin operator ifadəsidir. Onu təyin etdikdə, xəttin əvvəlində mənbəin qısa qapandığı

$$\text{qəbul edilir: } z_{qq}(p) = z_m \cdot \frac{ch p \tau + \frac{z_d}{z_m} sh p \tau}{ch p \tau + \frac{z_m}{z_d} sh p \tau} \quad (14.1.29)$$

Qısa qapanma cərəyanının sıfırdan keçdiyi zaman söndüyü və bu anda qoşulan cərəyan mənbəyi və generator-transformator blokunun tam z_m müqavimətinin operator şəkilində yazılan ifadəsini nəzərə alsaq:

$$\dot{I}(l, p) = \dot{I}(l) \cdot \frac{\omega_m \cdot (pL_m + R_m)}{p^2 + \omega_m^2} \quad (14.1.30)$$

burada $\dot{I}(l) = \frac{E}{\omega_m L_m \cos \omega_m \tau + z_d \cdot \sin \omega_m \tau}$ - QQ anında xəttin sonundakı cərəyan, τ – xəttin dalğa uzunluğudur.

Xəttin açılıb-qoşulma rejimlərinin ən təhlükəli ifrat gərginlik yaranan rejimi, A_1 açarı ilə birtərəfli sinusoidal gərginliyə qoşulmasıdır. Keçid proseslərini simmetrik sistemlərdəki kommutasiyalar kimi qəbul etdikdə, qalıq yükləri nəzərə alaraq ixtiyari nöqtədə gərginlik üçün aşağıdakı operator tənliyini yazmaq olar:

QQ nöqtəsinə yaxın olan və xətt sonu açıq olan hal üçün, qalıq gərginliyini nəzərə almaqla aşağıdakı tənliyi yazmaq olar:

$$U(p, l) = \frac{E_m \left(\frac{p}{p^2 + \omega^2} \cdot \sin \varphi + \frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \cdot \cos \varphi \right) + \frac{U_0}{p}}{ch \gamma l + \frac{z_m}{z_d} sh \gamma l} \quad (14.1.31)$$

(14.1.31) və (14.1.29) ifadələrinin məxrəcləri eynidir. Bu sonunda QQ–lı xəttin açılmasında məxsusi tezliklərin, həmin xəttin yüksüz qoşulduğu halda yaranan məxsusi tezliklərilə eyni olduğunu göstərir. Ona görə (14.1.31) ifadəsinin surət və məxrəcini z_m -ə bölərək, əks Laplas çevirməsini tətbiq etdikdə, cədvəllərdən aşağıdakı zaman funksiyalarını yazmaq olar:

$$\Lambda \Theta \sqrt{\frac{A_1^2 + A_0^2}{\eta^2 + 1}} \cdot \sin(t + \psi) + \frac{A_1 - \eta \cdot A_0}{\eta^2 + 1} \cdot e^{-\eta t} + u_0 \cdot (1 - e^{-\eta t}) \quad (14.1.32)$$

Burada $\eta = R_m / L_m$, $A_1 = \cos \varphi$, $A_0 = \sin \varphi$, $\varphi_1 = \arctg(A_0 / A_1)$, $\varphi_2 = \arctg(1 / \eta)$, $\Psi = \varphi_1 - \varphi_2$ kimi hesablanan sabit əmsallardır. Bundan başqa hesabların nisbi vahidlərdə aparılması üçün, bütün gərginliklər E_m , zaman l / ω , müqavimətlər isə, z_d –ya nisbətə verilməmişdir. Ona görə $E_m = 1$, $\omega = l$ və $z_d = l$ qəbul edilir. Ayrılıqda surət və məxrəc üçün əks Laplas çevirməsi apardıqda, vahid və birinci tərtibli impuls funksiyalarından və xətt boyu gecikmə operatorlarından istifadə edilmişdir [29]:

$$U(t, l) = \frac{\frac{2}{L_m} e^{-\sigma t} \cdot e^{-p\tau} \left\{ \sqrt{\frac{A_1^2 + A_0^2}{\eta^2 + 1}} \cdot \sin(\psi + t) + \frac{A_1 - \eta A_0}{\eta^2 + 1} \cdot e^{-\eta t} + u_0 \cdot (1 - e^{-\eta t}) \right\}}{\frac{e^{-\eta t}}{L_m} (1 + e^{-2pt} \cdot e^{-2\sigma t}) + \delta(t) \cdot (1 - e^{-2pt} e^{-2\sigma t})} \quad (14.1.33)$$

Şerti yazılmış (14.1.33) ifadəsində olan funksiyaların real zaman oblastnda hesablanması üçün, surət və məxrəcin gecikmə operatorları ilə sürüsdürülməsi və sönmə dərəcələrini nəzərə almaq lazımdır. Sadə görünən bu şərti ifadələri, inteqral tənliklər və diskret çevirmələr üsullarını tətbiq etmədən hesablamaq mümkün olmur. Nəticələr, I dərəcəli Volterr tənliklərinə əsasən, (14.1.33) ifadəsinin surət və məxrəcinin ayrılıqda originalları hesablanmaqla yerinə yetirilir [29].

(14.1.31) və (14.1.33) ifadələrinin surət və məxrəc funksiyalarının original ifadələri aşağıdakı kimi yazılır:

$$Q(t) = \sin(t) \cdot (1 - e^{-2p\tau} e^{-2\sigma\tau}) + (L_m \cos(t) + R_m \cdot \sin(t)) \cdot (1 + e^{-2p\tau} e^{-2\sigma\tau}) \quad (1.8)$$

$$f(t) = \frac{2}{L_m} \left\{ \sqrt{\frac{1}{\eta^2 + 1}} \cdot \sin[(t - \tau) + \psi] \cdot e^{-\sigma t} + \frac{\cos \varphi - \eta \cdot \sin \varphi}{\eta^2 + 1} \cdot e^{-\sigma(\eta + \tau)} + \right. \\ \left. + u_0 \cdot (1 - e^{-\eta t}) \cdot e^{-\sigma t} \right\} \quad (14.1.34)$$

$$h(t) = \frac{\delta(t)}{z_d} \cdot (1 - e^{-2p\tau} e^{-2\sigma\tau}) + \frac{e^{-\eta t}}{L_m} \cdot (1 + e^{-2p\tau} e^{-2\sigma\tau}) \quad (14.1.35)$$

(14.1.34) və (14.1.35) ifadələrinə rekurrent nisbətlər üsulunu tətbiq etməklə, aşağıdakı inteqral cəm şəkilində, son inteqral tənlikləri yazılır. Hesablamaları aparmaq üçün t -ni diskret arqumentlərlə əvəz etmək lazımdır: $t=NT=n$, $\tau=mT$. τ - xətt boyu cərəyan və gərginlik dalğalarının sona qədər yayılması üçün keçən müddətdir. T isə, həmin τ müddətinin kiçik nisbətlərdə ($m=10-20$ arasında) bölünməsindən alınan sabitdir. Elektrik veriliş xətlərində elektromaqnit rəqsləri və dalğalarının sürəti 296000 km/san olub, onun uzunluğunun zamana görə nisbi qiyməti, hər 100 km üçün 6^0 bucaq təşkil edir [30]. Ona görə paylanmış parametrlilik elektrik veriliş xətləri üçün hesablar kiçik addımlarla ($0.3-3^0$ bucaq qiymətilə) aparılacaqdır. Bu addımlar, uzunluğu 50-500 km arasında dəyişən EVX –də kiçik xətalı, doğru nəticələr verir. n - nöqtələr sayı, hesablanan müddətlərini təyin edir, m isə τ –ya ekvivalentdir. Məsələn 0.3^0 dərəcə ilə 1800 nöqtədə aparılan hesabat 2 periodu, 3^0 -li addımla 15 sənaye periodu əhatə edir. Bu hesablar bütün ATQ kommutasiya tsikllərinə kifayət edir və 0.3 dəqiqədə tamamlanır. Hesabatlarda dalğaların sönmə dekrementləri hər 1 km uzunluq üçün, nisbi vahidlərdə 0.06-0.08 götürülür.

Volterr inteqralı ilə hesabların aparılması üçün (14.1.28, 14.1.29, və 14.1.31, 14.1.33) tənliklərin hər biri aşağıdakı qapalı rekurrent cəm funksiyə şəkilində yazılır [34]:

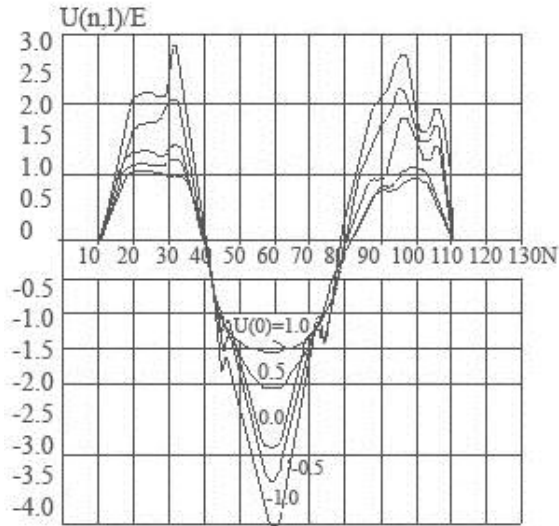
$$U[n, l] = \frac{f(n)}{T \cdot h(1)} - \sum_{m=1}^{n-1} \frac{U[(n-m), l] \cdot h(m)}{h(1)} \quad (1.11)$$

Göründüyü kimi bu məqalədə, xəttin çoxsaylı avtomatik kommutasiyaları analitik və inteqral diskret ifadələr şəkilində yazılıb həll edilir. (1.11) ifadəsi “MATLAB” və ya digər proqram dilində asanlıqla sətirlərlə yazılaraq həll edilir.

Alınan nəticələr, ayrılar şəkilində göstərilmişdir şəkl.1.2. Belə hesablar mühüm praktik əhəmiyyət daşıyır. Çünki belə rejimlərin real təcrübələrini aparmaq mümkün olmur və ya çox çətin olur. Bu və

Azərbaycanın digər real magistral xətlərinin kommutasiya gərginliklərinin hesabat proqramları və nəticələr AzTU “Elektrik təchizatı və izolyasiya” kafedrasında laboratoriya işlərində istifadə edilir.

Aşağıda məsələnin “MATLAB” proqramında alınmış nəticələri verilmişdir. Məsələnin həllində bir sıra parametrlərin dəyişdirilməsi və nəzərə alınan şərtlər, ümumi alqoritm yaradılmasına imkan vermişdir. Burada xəttin uzunluğu, yüksüz xəttin qoşulma bucağı, xətdə yayılan dalğanın sürəti, sönmə və faza dəyişmələrinin hesabatı, I, II, III kommutasiyaların superpozisiyası öz həllini tapmışdır.



Şək.14.1.5 ATQ rejiminin gərginlik ayriləri. Maksimal gərginlik, xəttin mütləq qiymətə mənbəin maksimal qiymətinə, işarəsi əks qalıq gərginliyə qoşulduğu hala uyğun olur

Göründüyü kimi, I - QQ rejiminin açılması, II - yüksüz xəttin təkrar qoşulması, III - I kommutasiyadan qalmış mənfi və müsbət gərginlik rəqslərinin II yüksüz xətt əyrisilə toplanması məsələnin kompleks həllini təşkil edir.

Uzun xətlərdə müvəffəqiyyətli ATQ rejimləri qurğu və avadanlıqları təhlükəli ifrat gərginliklərdən qoruyur. Qəzadan sonra şəbəkəni avtomatik olaraq yenidən gərginlik mənbəinə qoşur şək.14.1.5. Şəkildən göründüyü kimi t_1 anında A_2 açarı yaxınlığında olan qısa qapanma onun açılmasına səbəb olur. Sonra A_1 açarı açılır və xətt hər iki tərəfdən mənbədən ayrılır. Bu zaman QQ nöqtəsində cərəyan sıfırdan keçdikdə qövs sönür və həmin nöqtədə bir $U(t_1, l)$

gərginlik qalır. Xəttin uzunluğundan asılı olaraq qalıq gərginlik $u_0(l)$ xətt boyu müəyyən qanunla dəyişir. Məsələn, A_2 açarı açıq olduqda bu gərginlik kosinus üzrə dəyişir (14.1.10). Məsələnin həllində z çevirmələr metodunun tətbiqini daha aydın göstərmək üçün belə gərginlik dəyişmələrini nəzərədən atıb, onun sabit olduğu qəbul edilir. Bu zaman xəttin hiperbolik tənlikləri aşağıdakı kimi yazılır:

$$U(p, x) = U(p, 0)ch\gamma x + z_d I(p, x)sh\gamma x - z_d \int sh\gamma(x - \eta)u_0(\eta)d\eta \quad (14.1.27)$$

$$I(p, x) = I(p, 0)ch\gamma x + \frac{U(p, 0)}{z_d} sh\gamma x + \int ch\gamma(x - \eta)u_0(\eta)d\eta \quad (14.1.28)$$

Oriqinal oblastda təyin edilən gərginlik və cərəyan funksiyaları üçün, 1 və 2 nöqtələrində daha iki (14.1.2) və (14.1.3) tənliyin birlikdə həlli lazımdır. Operator şəklində aşağıdakı hesabat ifadələri alınır:
Xəttin əvvəlindəki cərəyan və gərginlik –

$$I(p, 0) = \frac{1}{z_{gir}} \cdot \frac{E(p) - U_0(p)}{1 + \frac{z_m}{z_{gir}}}; \quad U(p, 0) = \frac{E(p) + \frac{z_m}{z_{gir}} \cdot U(p, 0)}{1 + \frac{z_m}{z_{gir}}}$$

Xəttin ixtiyari nöqtəsindəki gərginlik –

$$U(p, x) = \left[\frac{E(p) - \frac{U_0}{p}}{1 + \frac{z_m}{z_{gir}}} \right] \cdot ch\gamma x - \frac{sh\gamma \ell}{ch\gamma \ell} \cdot \left[\frac{E(p) - \frac{U_0}{p}}{1 + \frac{z_m}{z_{gir}}} \right] \cdot sh\gamma x + \frac{U_0}{p} \quad (14.1.29)$$

Xəttin son nöqtəsi üçün gərginliyin ifadəsi –

$$U(p, l) = \frac{E(p) - \frac{U_0}{p}}{1 + \frac{z_m}{z_{gir}}} \cdot \frac{1}{ch\gamma \ell} + \frac{U_0}{p} \quad (14.1.30)$$

burada $\text{ch}^2 \gamma l - \text{sh}^2 \gamma l = 1$, $R/L = \sigma$, $R_m/L_m = \eta$, $\gamma = \sqrt{LC} \left(p + \frac{\sigma}{2} \right)$,

$$z_{gir} = z_d \frac{1 + e^{-2p\tau} \cdot e^{-2\sigma\tau}}{1 - e^{-2p\tau} \cdot e^{-2\sigma\tau}} \quad \forall \quad z_m = r_m + pL_m \text{ kimi qəbul edilir.}$$

(14.1.30) ifadəsinə Z çevirməsi tətbiq edilərsə, aşağıdakı hesabat ifadəsi alınır:

$$u(z, l) = \frac{[E(z) - u_0(z)]}{1 + \frac{r_m(1 - e^{-\eta T} \cdot z^{-1})}{z_d(1 - e^{-\eta T}) \cdot z^{-1}} \cdot \frac{1 - z^{-2\lambda} e^{-\sigma\tau}}{1 + z^{-2\lambda} e^{-\sigma\tau}}} \cdot \frac{2z^{-\lambda} e^{-\sigma\tau/2}}{1 - z^{-2\lambda} e^{-\sigma\tau}} + u_0 \quad (14.1.31)$$

Müəyyən çevirmələr aparıldıqda aşağıdakı ifadə yazılır:

$$u(z, l) = \frac{s_{\lambda+1} \cdot z^{-(\lambda+1)} [E(z) - u_0]}{1 + q_1 z^{-1} + q_{2\lambda} z^{-2\lambda} + q_{2\lambda+1} z^{-(2\lambda+1)}} + u_0 \quad (14.1.32)$$

burada $s_{\lambda+1} = 2 \cdot \frac{1 - e^{-\eta T}}{r_m} \cdot e^{-\sigma\tau/2}$; $q_1 = -e^{-\eta T} + (1 + e^{-\eta T})/p_m$; $q_{2\lambda} = -e^{-\sigma\tau}$; və

$q_{2\lambda+1} = (e^{-\eta T} + (1 - e^{-\eta T})/r_m) \cdot e^{-\sigma\tau/2}$ kimi sabitlərdir.

(14.1.32) formualsından zaman oblastına keçid sadə rekurrent cəm şəkilində aşağıdakı kimi yazılır:

$$u[n, l] = \sum_{\nu=0}^{\lambda+1} s_{\nu} \{e(n-\nu)T - u_0\} - \sum_{\nu=1}^{2\lambda+1} q_{\nu} \cdot u[(n-\nu), l] \quad (14.1.33)$$

Göründüyü kimi (14.1.33) ifadəsinin ikinci cəmi üçün hesabat $\nu-1$ addımından başlayır. Bu addımda xəttin sonu üçün gərginliyin bir əvvəlki addımdakı qiyməti nəzərə alınır. Ona görə bu ifadələrə rekurrent formula deyilir. Aşağıda, və (14.1.33) ifadəsi üzrə aparılmış hesabatların nəticələri əyrilər şəkilində verilmişdir. $U(l, t)$ gərginlik ifadəsinin əyrilər şəkilində verilmiş funksiyaları qalıq u_0 gərginliyinin (\pm) işarələri və mütləq qiymətləri üçün alınmışdır. Sonu açıq olan xəttin (14.1.15) ifadəsinə görə hesabatının xüsusi halı kimi $u_0=0$ əyrisi də göstərilmişdir.

Alınmış gərginlik əyriləri daha səlis dəyişmə xarakterinə malik olub, real osilloqramlara yaxındır şəkl. 14.1.6 [34]. Əyrilərdə qalıq u_0 gərginliyinin mütləq qiymətləri, həm də qoşulma anındakı (\pm) işarələri nəzərə alınmışdır.

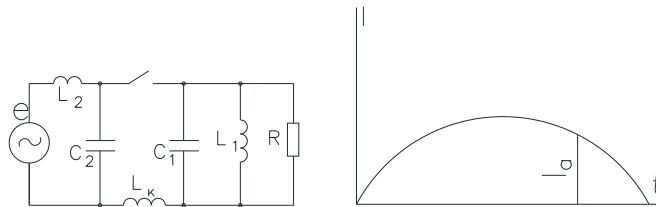
Şəkil 14.1.6 da hesablanmış əyriilər ailəsi verilmişdir. Onlar qalıq gərginliklərin 0.5 addım qiymətləri ilə $-1,0$ –dan $+1,0$ -a qədər dəyişdiyi hal üçün yuxarıda alınmış alqoritmlərə görə, səh.390-391 də “MATLAB” proqramında aparılmışdır. Əyirlərdən də görüldüyü kimi, keçid prosesində başlanğıc şərtlər məxsusi tezlikləri dəyişdirmir. Ona görə əyriilərin sıfırdan keçmə və maksimal qiymətlərə çatma anları eyni olur. Alınmış əyriilər 500 kV və 500 km hava xətlərinin dalğa parametrləri (yayıma əmsalı və dalğa müqaviməti) və mənbəin induktiv $L_m/Z_d=0,29$, aktiv müqaviməti $R_m/Z_d=0,08$ nəzərə alınmaqla hesablanmışdır.

Bu kitabda verilmiş yeni alqoritmlər daha universal olub hesabatalar üçün çox əlverişlidir. Alqoritmlər müəllif tərəfindən alınmış nəticələr Moskva Energetika İnstitutu “Yükəsk gərginliklər texnikası” kafedrası və AzTU “Elektrik izolyasiyası və kabel texnikası”nda 1976-78 ci illərdə işlənmişdir.

14.1.6 Kiçik induktiv və tutum cərəyanlarının açılma xüsusiyyətləri

Qısa xətlər, yüksüz transformator və kondensator batareyalarının açılmasına kiçik induktiv və tutumların açılma kommutasiyası kimi baxılır. 100 A –dən böyük olan cərəyanlar və onları müşahidət edən qövsün sönməsi sinusoidal cərəyanın sıfırdan keçdiyi zaman baş verir. Burada təhlükəli ifrat gərginlik olmur. Konturda elektrik maqnit enerjisi $Li^2 / 2 = 0$ olur. Bərpə olunan gərginlik şəbəkənin işçi gərginliyinin iki qat mislinə çatır.

Yağ və hava açarlarında cərəyanın qiyməti 25 A-dən, vakuüm və elegaz açarlarında isə 32 A-dən kiçik olan hallarda cərəyan sıfırdan keçməmişdən də açıla bilər. Bu yüksək gərginliklərdə cərəyanın kəsilməsi və ya qırılması adlanır. Şək.14.1.8 bu hadisə göstərilmişdir. Cərəyanın kəsilməsi onun qiymətindən asılı olduğu üçün sinusoidalın ixtiyari nöqtəsində, hətta amplitud qiymətlərində də baş verə bilər. Real olaraq bu hal yüksüz transformatorlar və ya şuntlayıcı reaktorların açılmasında baş verir.



Şək.14.1.7 kiçik induktivliyin açılmasını

Şək.14.1.8 Dəyişən cərəyanın

izah edən sxem

kəsilməsi.

Bu sahədə aparılan son tədqiqatlar göstərir ki, cərəyan kəsilməsi açarın hər iki tərəfində olan C_1 və C_2 tutumları və onları əlaqələndirən L_k induktivliyindəki cərəyan və LC konturunun yaratdığı yüksək tezlikli cərəyanların toplanması ilə baş verir Şək.14.1.7. Belə konturun xüsusi tezliyi adətən onlarla kiloHersə çatır.

$$\text{Burada,} \quad f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C}}, \quad (4.1.34)$$

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Yüksək tezlikli cərəyan rəqslərinin amplitudası böyük olur. Cərəyanlar bir-birinin əksinə yönəldiyi halda, qövs cərəyanının vaxtından əvvəl sönməsi mümkün olur. Yüksüz transformatorun açılması ilə yaranan cərəyan kəsilməsi, transformatorun induktivliyində toplanan elektrik-maqnit enerjisi induktivliklərini şuntlayan tutumların yüklənməsinin elektrik-statik enerjisinə çevrilir. Bu tutumlar transformator girimlərinin şintlərə toplanmış tutumlarıdır.

Deyiləndən aşağıdakı bərabərliyi yazmaq olar:

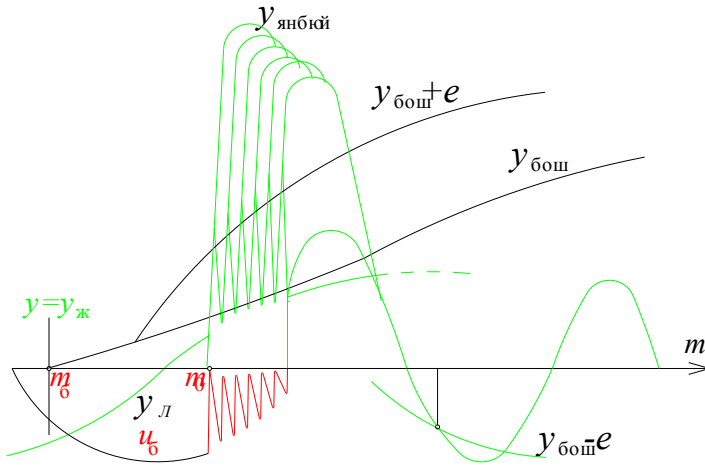
$$\frac{LI^2}{2} = \frac{CU^2}{2}, \quad (14.1.35)$$
$$U = I\sqrt{L/C}$$

Transformatorların yüksüz iş cərəyanları (0.5-2.5%) I_{nom} qiymətlərində, onların tutumları çox kiçik (5000 pF), maqnit selinin səpələnmə induktivlikləri isə böyük olduğundan $\sqrt{L/C}$ müqaviməti 10-100 kOm qiymətlərə çatır. Nəticədə gərginliyin qiyməti bir neçə qat artaraq ifrat gərginlik yaradır. Söndürücü dempfer müqaviməti və transformator içliyinin polad itkilərinə baxmayaraq ifrat gərginlik böyük olur. Şək.14.1.9 -da yüksüz transformatorun açılmasında yaranan ifrat gərginlik əyriləri verilmişdir. Əyrilər sinusoidal azalan cərəyanın kəsilməsi halı üçün gərginlik dəyişmələrini göstərir. Təcrübələr göstərir ki, cərəyan kəsilməsi ilə yaranan ifrat gərginliklər qövsün təkrar yanmasına səbəb olur. Cərəyanın birinci kəsilməsi t_0 anında baş verir. Bundan sonra tutumda gərginlik aşağıdakı ifadə ilə yazılır:

$$u_c(t) = U_0 \cos \omega_1 t + I_0 \sqrt{\frac{L_k}{C}} \sin \omega_1 t \quad (14.1.36)$$

Şəkil14.1.9–dan görüldüyü kimi açarın kontaktları cərəyan kəsilməsindən əvvəl t_b –də aralanmışdı. Əgər qövs həmin anda sönmüş olsa idi, onda açarda bərpa olunan gərginlik $u_{boş}$ əyrisi ilə artardı. t_0 anında cərəyan kəsildikdə də qövsün tez sönməsi ilə aralığın elektrik möhkəmliyi $u_{boş}$ əyrisinə uğun olan qiymətə qədər artır. Açarın kontaktları arasında olan gərginlik əyrisi, $u_{boş}$

əyirisi ilə kəsişdikdə qövs yenidən təkrarlanır. Qövsün yenidən yanması ilə kontaktlar arası gərginlik sıfıra düşür. Tutum gərginliyi u_c isə mənbəin gərginliyinə bərabər olur. Açıqda yenidən cərəyan axır. Müəyyən müddətdən sonra bu cərəyan da kəsilir. Lakin bu dəfəki cərəyan kəsilməsi t_0 anındakı I_0 cərəyanından aşağı qiymətdə baş verir.



Şək.14.1.9 Yüksüz transformatorun açılmasında keçid proses ayriləri

Nəticədə açarın kontaktları arasında gərginlik də azalır. Lakin o hələ aralıqın yenidən qapanmasına kifayət etdiyindən qövs yenidən yaranır. Proses o zamana qədər davam edir ki, kontaktların azalan gərginlikləri aralıqın bərpə olunan elektrik mphaəmliyindən kiçik olsun.

Бязян ачарларда йаранан тязқарланан гювсляр ики вя даща чох сянайе тезлик мцддятляри ярзиндя давам едир. Гювсцн тязқар йанма мцддяти ня гядяр чох оларса, трансформаторун ачылан индуктивлийиндя йаранан ифрат эярэинлик дя бир о гядяр чох олар. Ифрат эярэинлийин ян бюйцк гиймяти $4U_\phi$ -а гядяр артыр.

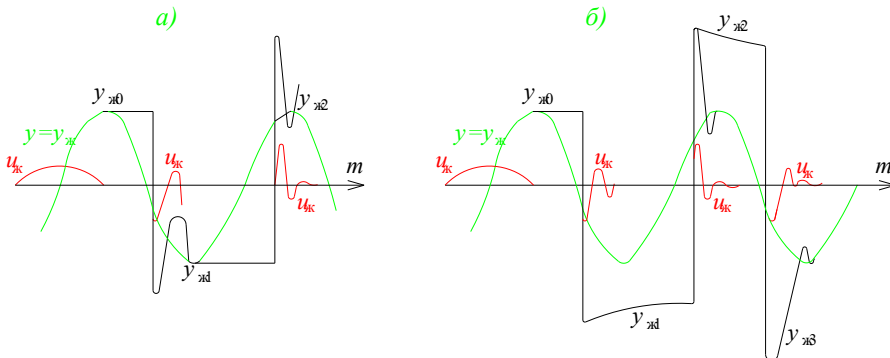
Bu bir тязгфдяп arzu olunmaz halдыр, чцнки ққ-ның лявн edilmясини ляngidir. Digяр тязгфдяп ися yeni қювс transformatorun қыса мцддятдя қошулмасы вя dolaqlағындакы elektrik-магнит енерјисинин шявбякяуя бошalmasына вя ifrat гяргинлиyin azalmasына сявбяб olur. Вязи мянбялягя гюгя 5–4 А гиймятляриндя olan induktiv сягряуанларын ачылмасы [32] тяһлцкяли ifrat гяргинликляг yaradyр.

Reaktorларын ачылмасында yаранан қювс уцксцз transformatorun қювсця нясибятяп daha қцввятли вя дауанықлы olur. Reaktor сягряуанымын sinusoidal ягыси дя дцзгцн formada дяуишир. Она гюгя уцксцз transformatorlara нясибятяп реакторларда сягряуан кясилмяси ашаыи қиумятлягя уйьун гялир. Lakin eyni zamanda қювсця verilяп енерји чох olduьундан onun

ionsuzlaşması və sönməsi yavaş keçir. Eyni şərtlərdə bəş verən kəsilmə sığyaуынын yaratдыбы қювсцп мүддяти ачылан реакторларда үдксүз transformatorlara nisbятян чох олур.

Ягяр кічİK кясилмэ сгягяуанларынын yaratдыбы ифрат гяргинликляр қювсцп тяркар яаранмасына кифаырт етмязся ифрат гяргинлиyin сюнмэси баш вермир. Бу halda коммутасија ифрат гяргинликляри үдксүз transformatorларын ачылмасында яаранан ифрат гяргинликдян бюуцк олур.

Kondensator batareyalarında, (tutum xarakterli dövrlər və nisbətən qısa məsafəli EVX-də) yüklənmə cərəyanları fazaca gərginlikdən irəli olduğundan onların açılması zamanı cərəyan kəsilməsi baş vermir. Lakin bu halda da açılma zamanı xeyli ifrat gərginlik meydana çıxır. Əgər sinusoidal qanunla dəyişən yük cərəyanını sıfırdan keçdikdə kəsilərsə, açılan xəttə gərginliklə bağlı çoxlu sayda yüklər və onunla da sabit potensial qalır. Sonra bu yüklər xəttə olan sızma hesabına (izolyator və xətt məfillərinin tutum keçiriciliyi) yavaş-yavaş azalır. Baxılan keçid prosesinin sonuna qədər xəttin gərginliyi işçi gərginliyin amplitud qiymətinə bərabər qiymətdə qalır Şək. 14.1.10.



Şək.14.1.10. Tutum və xətlərin açılmasında yaranan kommutasiya ifrat gərginliyi: - a-kiçik tutum, b-böyük tutum və ya xəttin açılması.

Açarın şin tərəfdə olan digər kontaktında 10 msan-dən sonra gərginlik sinusoidal qanunla dəyişərək, işçi gərginliyin əks işarəli amplitudasına çatır. Bu zaman kontaktlar arasında şябякя гяргинliyindən iki дярфя артық гяргинлик тэсир edir. Ягяр бярпа олунан гяргинлик бу ана қядяр kontaktlar arasında olan гяргинликдян бюуцк оларса, хяттін ачылмасы тяркар қювсцп уанмдан баш верясякдир. Ягяр шябякя гяргинлиyi амплитуд қiүмятиня чатана қядяр бярпа олунан гяргинлик кифаырт қiүмэтя чатмаса, онда қювсцп тяркар уанасақдыг. Бу halda tutum və ya ачылан хятт тогряба нязрягян iki қат шябякя гяргинлиyi

алтында олацагдыр. Бу заман гяргинлик гягсляринин мяхсуси тезлиyi бюуцк олдугда гювс аралыгы ionлашмыш вязиууятда қалыр вя гювс сюнмцр. Гяргинлик ися ifrat қiймятиндяn амплитуд қiймятиня қядяг сюнцр. Шяк.14.1.10. аудындыр ки, бу hal yалныз кiчiк tutumлар вя қыса хяttlярин ачылмасы заманы баш веря биляг.

Uzun хяttlярин ачылмасында гювс сөндүкдән sonra хәттдә қалан гяргинлик қидаландырычы гяргинликдән хейли бөуөк олур, шәк.14.1.10. б)

Гювсүн тәкрат яанмалары sinusoidal гяргинликләрин пик нөқтәләриндә олдуғундан, ventil бошальдылары вә яа QXGM qeyri-xәtti гяргинлик мәһдудлашдырычысы олмадығы halда хәттин izolyasiyasы дөшилә биләг.

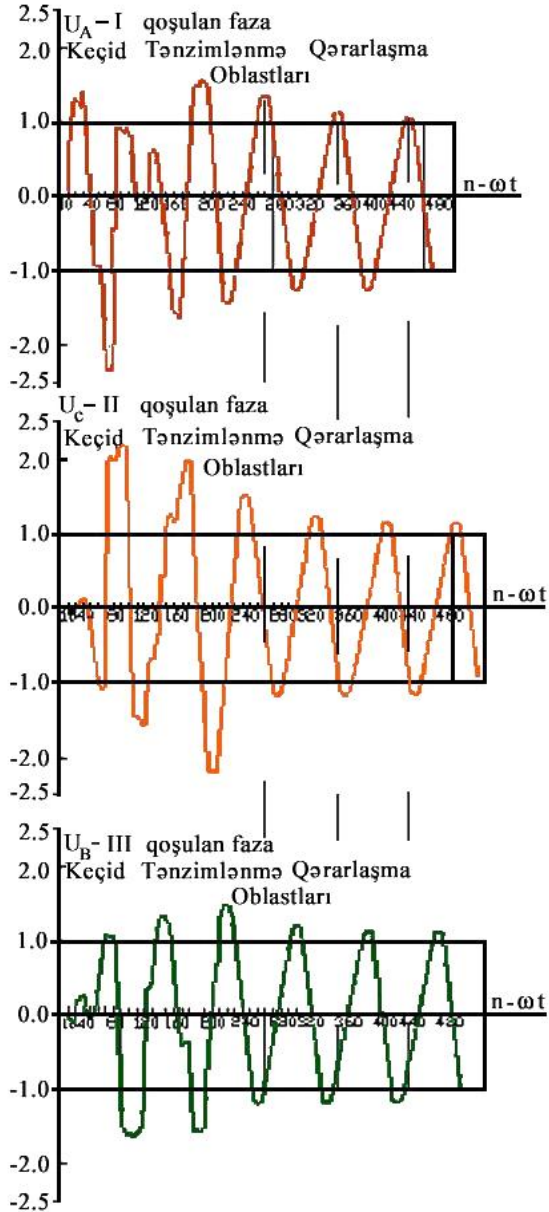
Ona гөрә хәttlяг вяә конденсатор батареяларынн ачылмасы елә апарылмалдыр ки, яаранан гювс тәкратланмасын. Бу iki pillәли ачарларн шунтлайычы мюқавимәтләри вә яа аз yağли ачарларн контактларынн kombini edilmәси илә yerинә yetirilir § 14.1.4.

15. ДАХИЛИ ИФРАТ ЭЯРЭИНЛИКЛЯРИН ХЦСУСИ МЯСЯЛЯЛЯРИ

Електрик шябьякя вя системляринин цч фазлы схемляриня бахылдыгда, реал гурьуларда дахили ифрат эярэинликлярин бир чох ялавя сябьяляри вя мянбяляринин олдуьу ашикар олур. Цчфазлы реал схемлярин шяртяряфли анализи рийазии моделляшмя усуллары иля апарылыр. Чцнки тяжрцбядя йцксяк эярэинлик хяттляринин ачылыб, гошулмасы о гядяр дя асан шяйата кечирилян шадися дейилдир. Диэяр тяряфдяn реал тяжрцбьялярдя фазларын гошулмасына ихтийари вя тясадцфи эежикмя вермяк онларын интигалында хцсуси гурьулар гойулмасыны тяляб едир. Бир сюзля реал тяжрцбьяляр чох бащалы вя техники жящятдяn чятин олур. Бу фясилдя шям дя узунмцддятили феррорезонанс эярэинлийиня бахылажагдыр.

Гошулма ейни анда оларса, хяття верилян фаз эярэинликлярини симметрик 120^0 фаз фяргляри иля вектор жяминин сыфыр олдуьу реьимя дцщцр. Хцсуси щалларда йцксяк эярэинлийя гошулан ЕЮХ-дя ися, ачарларын интигалларынын ейни анда команда алмасына бахмайараг, гошулмада фаз фяргляри олур. Цстялик ЙЭ ачарлары пилляли гошулма вя ясас контактлардан яввял комутасийа едилян ялавя контактлара маликдир шяк.14.1.3. Ялавя контаклар ися мцгавимятин гиймяти 2500-3000 Ом олан шунтла дюврйя гошулуру. Бу заман хяттин яввяли вя сонундакы эярэинликляр шямин мцгавимятдяn, гошулма бужаьындан, хяттин узунлуьу, ютцрцлян эцж вя мянбяин дахили параметрляриндяn асылы олараг даяишир. Эярэинликлярин беля реьимлярдя, мювжуд

Фурье чевирмяляри вя диэяр (дурьун, гачан дальалар, Рунге-Кутт, 3-чевирмяляр методлары) методларла щесабатлары мщряккяб вя щятта мщмкщнщз олур [29-31]. Она эюря интеграл тьянликляр методуну тятбиг едяк.



Şək.15.1.3.Sonu açıq olan üçfazlı ötürücü xəttin zaman müxtəlifliyi ilə qoşulması halında yaranan ifrat gərginlik əyriləri, yuxarıdan aşağı A, C, B ardıcılığı ilə fazların gərginlikləri verilir.

Əyrilərdən göründüyü kimi, 3-cü qoşulma B fazası sxemin üçfazlı rejimə keçməsinin son mərhələsi və simmetrik rejimin başlanğıcıdır. Ona görə B fazası qoşulduqdan sonra, bütün fazlar üçün keçid prosesinin qərarlaşması daha səlis sinusoidal əyri kimi görünür. Şək. 15.1.3. –də alınmış əyrilər ədəbiyyatlarda verilən nəticələrə və real osilloqramlara yaxındır [27,39].

15.1.2. İqlim dəyişmələri şəraitində ildırım ifrat gərginliklərinin hesabları

Son zamanlar kainatda заманлар каинатда глобал истиляшмя вя дйишмян иглим шяраитляриндя илдырым активлийинин дя артмасы мцшащидя едилир.Каинатда глобал истиляшмя вя бунунла ялагядар атмосфердя суйун дювраны, йцкц щиссяжиклярин атмосфердя щярякяти, булудларын йцклянмя интенсивлийинин дя артмасына сябяб олмушдур.

Она эюря, йцксяк эярэинликли електротехники гурьу вя аваданлыглара, щцндир вя сых тикилмиш бинаalara олан илдырым тясирляринин ролу да нязря чарпажга дяряжядя артмагдадыр .Бу хцсусда илдырымлы булудларын йцклянмя механизляринин ятрафлы анализи вя илдырым вурмадан йаранан импусларын електротехники гурьу вя аваданлыгья тясирляринин интеграл чевирмяляр васитяси иля йени щесабат методикасына бахылыр.

Мялумдур ки, йалныз булуд вя илдырым олдугда дейил, айдын щавада да атмосферля йер сятци арасында истигамятлянмиш електрик сащяси мювжуддур. Йер сятци йахынлыгында електрик сащясинин интенсивлийи 150 В/м - я йахын щяддлярдядир. Айдындыр ки, бу електрик сащясинин мювжуд олмасы вя сахланмасы ццн йер сятциндя кифайят гядяр артыг йцкляр олмалыдыр. Лакин мялумдур ки, ефирдя мювжуд олан бу йцклярин нейтраллашмасы ццн кифайят гядяр артыг йцкляр йохдур. Олан йцклярин буюцк яксяриййяти ися, йер сятциндя су бухарлары вастяси иля щярякятдя олур вя атмосфердя ефирдя фяргли бир електрик сащяси сахланылыр. Чцнки мянфи йцк дашыйыжысы олан су бухарлары, эюрцнян бццн башга йерцстц мадлярдян ян йахшы електрикляннидир ($\epsilon=81$). Она эюря нормал нямлик шяраитиндя йер сятциня йахын олан атмосфердя олан жям електрик йцкляринин ($2,7 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^2$ нисбятиндя) 65%-и су бухарлары иля дашыныр. Бурада чай, дяниз вя океанларда олан су дейил, онлардан бухар шыкилиндя айрылан вя юзцндя хейли мигдарда мянфи електрик йцкц дашыйан щиссяжикляр хцсуси рол ойнайыр. Даьлар, релйефли яразияр, мешяляр, чайлар, сц

щювзяляри, дяниз вя океанлардан бухарланан су кцляклянмя васитяси иля атмосферин мцяййян йцксяклийиня соврулур. *Температурун 1⁰ артмасы иля булуд тябягяляри 200 м йцксялур*. Бу заман тясир едян истилик мцбадиляси вя електрик индуксийасы бухарларын бирляшярк дамжылар шыкилиндя сойумасы, донмасы вя цст габыыы бузлашмыш кцря шыкилиндя дцшмяси бир чох елми мягальярдя верилмишдир [21-23]. Дахили вя харижи истилик фярги щесабына, дамжылар шыкилиндя донмуш бцз кцряжикляринин юзайини су дамласы, цст габыыыны ися буз пярдяси тутур. Буз кцряжикляринин донма дяржяси артдыгда онун чатламасы вя юзядя олан аыр су дамжысынын булуд тябягясинин ашаыы гатына, хырда парчалара чиликлянмиш цст габыыынын ися, даща йцксякляря соврулмасы нятижясиндя йцклярин булудларда полйарлашмасы баш верир. Она эюря булуд тябягясинин алт щиссясиндя мянфи йцклярин артыгылыы олур. Бцтцн бу механизмляр галмаг шярти иля глобал истиляшмя, нормал температурда, нормал атмосфер тязйигиндя, 1 м³ щяжмдя олан нямлик нисбятини артыражагдыр. Бу ися, булудларын йцклянмя дяржясинин индукция йолу иля артмасына, йаранан илдырымлы булудларын атмосферин даща йухары гатларына кечмясиня сябяб олажагдыр. Нятижядя бошалма просеси тез-тез вя буйцк эцжля баш веряжякдир, илдырым параметрляринин ($u_{илд}$, a) техники ядэбийятларда верилмиш ещтимал характеристикалары вя онларын йени механизмлярля йаранмасы хцсуси изащат тяляб едян реал просес олажагдыр. Бурада башга бир сябяб дя йер цстц объектлярин сыхлыынын вя йцксякликляринин артмасы олажагдыр. Бу щалда ядэбийятларда верилян мювжуд *йюнялмя щцндирцкляр* дя дяйишир. Илдырым вурмасы заманы техники ядэбийятларда верилмиш бязи щесабат методларынын да йенидян ишлянмясиня ещтийаж дуйулур.

Йеря дцшян жярйян импульсу чох гыса бир заманда (*3-4 мксан*) юз максимал гиймятиня $I_{илдмак}$ чатыр. Бу мцддядя онун тясири иля, йер цстц объектляр дяйишян индуктив вя тутум параметрляри, торпаглайыжылар ися, индуктивлик вя актив мцгавимят кими параметрляр эюстярирляр. Бу параметрлярин електрик дювряси шыкилиндя йаратдыглары заман сабитляри гыса мцддядли импульс мцддяти иля юлчцян дяржялярдя (*мксан*) олур. Она эюря, илдырым импульслары йцксяк тезликли жярйян вя ээрэинликляр йарадырлар. Ейни заманда импульс тажланмасы, кечян дальаларын сюнмяси, тящриф олунмалары вя радио манеяляр йарадан бошалмалар да мейдана чыхыр.

Илдырым импульсларынын ихтийари форма вя характериня эюря, интеграл чевирмяляр васитяси иля щесабат методунун ишлянмяси даща мягсядяуйьун щесаб едилир. Илдырым бошалмасында мейдана чыхан гыса мцддядли импульс, щесабатларда чяп бужаглы жярйян $u_{илд}$

тjасири кими гябул едилир. Илдырым импульсунун реал просеслярjа йахын олан формалары ашаьыда верилмишдир:

там импульс цццн;

$$i_{ild}(\tau) = I_0(e^{-\beta_1\tau} - e^{-\beta_2\tau}) \quad (15.1.20)$$

вjа йа $\tau = \tau_0$ анында кясилмиш импульс цццн;

$$i_{bkl}(\tau) = a\tau \quad (15.1.21)$$

Щjар ики щалда йцксяк эjрjэинлик гурьу вjа аваданлыгларынын актив мцгавимjатляринjа дцщjан импульс эjрjэинлийинин формасы да ейни ифадjалярjа дjайишjажкдир. Лакин илдырымдан горунан объект L , P , J -нин мцряккяб бирляшмяляриндjан ибарjат олдугда щесабатлар интеграл чевирмялярин вjа бцкцлмjа теореминин алгоритмjари илjа апарылажагдыр. Електрик дjоврясинин щjар-щансы нjюгтясиндjа эjрjэинлик, тjасир едjан жjарjайана эjоря ашаьыдакы оператор формасында йазыла билjар:

$$U_x(p) = I_{ild}(p) \cdot Z_{gir}(p) \quad (15.1.22)$$

бурада $Z_{gir}(p) = \frac{(R + pL) \cdot R_b}{R_b + R + pL}$ ифадjаси илjа тjайин едилjан эириш

мцгавимjатидир. P вjа L илдырым далььасы дцщjан объектин эjовдясинин вjа торпагланма контурунун актив вjа идуктив мцгавимjатjари, P_6 – бошалдыжынын импульс тjасири илjа ачылан гейри хjатти мцгавимjатидир. Трансформаторлара дцщjан импульс жjарjайанлары $Z_{sup}(n) = 1/nJ$ тутум мцгавимjатиндjан кечир. Реактив элементjар (L , J) вjа електрик ютцрjацц хjаттjар гошулмуш щесабат схемjариндjа ясасjан далььа методлары истифадjа едилир. Мjалумдур ки, далььа методларынын алгоритмjари, дурьун вjа гачан далььаларын верилмиш заман вjа мясафjа цццн чохла сайда топлананларынын рийази жjаминдjан тjашкил олунур. Дурьун далььаларын топлананлары верилмиш схемдjа мяхсуси рjагслянмяляринин щармоникаларыдыр. ЕЮХ иштирак едjан схемjардjа беля тезлик тезлик щармоникалары тjайин едилjаркjан, дjагиглик цццн онларын чохла сайда топлананларынын жjамлянмяси щjартдир. Бу апарылан щесабатлары мцряккябляшдирир.

Гачан далььалар методунда ися схемин щjар-щансы бир нjюгтяси цццн, дцщjан нjюгтяляриндjан якс олунан далььаларын садjа жjабри топлананлары жjамлянир. Бу методун графо-аналитик алгоритмjари импульс тjасири илjа баш верjан кечид просесинин изащыны чjатинляшдирир. Она эjоря бурада интеграл чевирмяляр вjа бцкцлмjа методу тjатбиг едилир. Бу метода ясасjан, (3) формуласы ашаьыдакы интеграл ифадjа илjа йазылыр:

$$u_{ild}(\tau) = \int_0^t i_{ild}(\tau - \tau_{gir}) Z_{gir}(\tau) d\tau \quad (15.1.23)$$

бурада $u_{ild}(\tau - \tau_{эир})$ -илдырымын жярйан функциясидыр, $m=0$ анында бу функция $\tau_{эир}$ эежикмеси иля тясир едир, $Z_{эир}(\tau)$ илдырымдан горунан объектин эириш мцгавимятидир шяк.1.

Щесабат алгоритмляри вя параметрляринин сечилмясиндя йарымстансийалар ццн реал схемляр тятбиг едилер. Мясялян, 330-750 кВ ЕВХ-дя вя ЙС-ын мцщафизяси ццн бошалдыжылар 50-150 мт мясафялярдя эютцрцлцр. Мцщафизя олунан объектин горума мясафясиндя хяттин узунлууну (120 мт гябул едилер) вя дизяр элементляр ццн L , P вя J -дя ибарят бир дювря олдуьуну гябул едяк. Бу щалда

$$Z_{gir}(p) = \frac{(R + pL) \cdot 1/pC}{R + pL + 1/pC} \quad \text{кими ифадя едилер. Гачан дальалар методунда}$$

бу мцгавимят эквивалент хяттля явяз едилер. Интеграл чевирмялярдя ися, $Z_{эир}(n)$ олдуьу кими щесабланыр. Бунун ццн, ашаьыдакы эириш мцгавимятинин ифадяси йазылыр:

$$Z_{gir}(p) = (R + pL)/(p^2 LC + pRC + 1), \quad (15.1.22),$$

(15.1.22) –дя $\mathcal{E}(n) = (P + nL)$ вя $\Gamma(n) = n^2 LJ + nPJ + I$ явязлямяси апарылыр. Сонра, $Z_{эир}(n) \cdot \Gamma(n) = \mathcal{E}(n)$. Бу функцияндын сцрят чевирмяси $\mathcal{e}(m) = P + L\delta(m)$, мяхряжи ися, $\mathcal{z}(m) = LJ\delta'(m) + PJ\delta(m) + I$ кими йазылыр. $\mathcal{E}(n)$ –ни (14.1.23) формуласына уйьун шякилдя чевирдикдя ашаьыдакы ифадяни йазмаг олар:

$$g(t) = \int_0^t Z_{gir}(t - \tau) \cdot q(\tau) d\tau \quad (15.1.24)$$

ифадяси алыныр. (15.1.24) ифадясиндя ахтарылан функция $Z_{эир}(m)$ олдуьундан, ону интеграл тянлик кими щялл едилляр. $Z_{эир}(m)$ функциясыны щесабламаг ццн (15.1.24) интегралы T сабит аддымларла жямлянир. Сонра, $Z_{эир}[n]$ олараг умуми щядд кими ашаьыдакы рекуррент ифадя иля бир сыра шякилиндя щесабланыр:

$$Z_{gir}[n] = \frac{g[n]}{\Delta t \cdot q[0]} - \sum_{m=1}^{n-1} \frac{z_{gir}[n] \cdot q[n-m]}{q[0]} \quad (15.1.25)$$

$\varepsilon(m)$ вә $z(m)$ ифадяляриндә биринжи вә икинжи дяржяжли импулс $\delta(m)$ вә $\delta'(m)$ функсийалар иштирак едир. Бу функсийалар щесабатларда n вә n^2 кими Лаплас чевирмя операторларындан алыныр. $Z_{sup}(n)$ ифадясинин сурят вә мяхряжини n^3 -на бюлмякля онларың йериня сабит вә хятти дйишян функсийалар да алмаг оларды. Лакин бу щалда интеграл алты ифадядә квадратик дйишян бир топланан $1/n^3 \sim m^2$ алынарды. Апарылмыш щесабатларда хяталарын анализи эюстярир ки, импулс функсийалары $\delta(m) \sim 1/T$ вә онун тюрямьси $\delta' = -1/T^2$ истифадя едилдикдә интеграл даща тез йыбылыр вә хяталар да азалмыш олур. Она эюрә, щесабатларда импулс чевирмяляри вә умуми $\delta(m)$ вә $\delta'(m)$ (ибтидаи) моделляшдирижи функсийаларына цтцнлцк верилир.

Илдырым импулсу тясириндян бошалдыжы ишлядикдә, онун галыг эярэинлийи вә координасийа жярйянына нисбяти кими кичик P_σ мцгавимяти шякилиндя Z_{sup} –я паралел гошулмуш олур. Онда, $Z_{um} = R_b \cdot Z_{gir} / (R_b + Z_{gir})$ олажагдыр. Йухардакы ифадялярдә йериня йазараг чевирмяляр апарыларса, цмуми мцгавимят цццн йазмаг олар:

$$Z_{um} = \frac{\frac{R_b(R + pL)}{p^2 LC + pRC + 1}}{R_b + \frac{R + pL}{p^2 KC + pRC + 1}} = \frac{R_b(r + pL)}{R_b(p^2 KC + pRC + 1) + R + pL} \quad (15.1.26)$$

Ориьинал функсийалар $\phi'(m) = P_\sigma \cdot z(m) + \varepsilon(m)$ вә $\psi'(m) = P \cdot P_\sigma + P_\sigma \cdot \delta(m)$ кими щесабланажагдыр.

(15.1.26) формуласы иля эюстярилян цмуми мцгавимяти дурьун вә гачан далья методлары иля нязря алмаг цццн онларда хцсуси чевирмяляр апарылмалыдыр. Интеграл чевирмяляр вә бцкцлмя теореминя эюрә алынан алгоритмдә ися, ифадянин верилмиш формасында сурят вә мяхряжин айры-айрылыгда ориьинал функсийалары тйин едилир. Интеграл чевирмялярлярдә сечилиян щесабат аддымына эюрә, горума мясафясиндә хяттин узунлуьуну да нязря алмаг олар. Горума мясафясиндяки хяттин узунлуьуну (50-300 мт узунлуглар) нязря алмаг цццн щесабат аддымы уйьун олараг 0,01-0,06 мксан арасында сечилмяси тьовсийя едилир, бу заман щесабат хяталары азалыр. Щесабатлар горума мясафяляриндә вә схемин ихтийари нюгтясиндә доьру нятижяляр верир шяк. 15.1.4 а). б) Бизим щалда, $T=0,04$ мксан-лик щесабат аддымы сечилмишдир. 120 мт узунлугда олан горума хяттинин 1/10 – а гядяр бир мясафясиня уйьун эялир.

Z_{sup} йыьжам параметрли элементляр кими щесабланарса, интеграл алты ифадя $u_{инд}(m-T)$ - икинжи щесабат аддымындан сонра 1 вә 2

нюгтясиня тясир едир. Яэяр, горума мясафяси нязря алынарса, сечилмиш аддыма уйбун шякилдя 15.1.4 – дя 2-жи нюгтяйя эялян илдырым импульсунун тясир мцддяти узунлуа эоря эечиэяжякдир. Мясялян, бизим щалда 2-жи нюгтядя щесаблинма 11-жи аддымдан башлайажагдыр.

Илдырым дальасынын максимал гиймятя чатмасы 3-4 мксан ярзиндя баш верир. Щесабат аддымы сечиляркян бу мцддятин горунан объектин заман сабити иля юлчцля билян нисбятлярэ эятирилмяси лазым эялир. Диэяр тяряфдя, сцртля артан импульс эярэинлик бошалдыжынын ачылма эярэинлийиня чатдыбы андан онун сыхажларныда эярэинлийин галыг эярэинлийиня бярабяр олмасы шярти нязря алынмалыдыр. Бу мцддят ися 1-2 мксан арасында ола биляр, ццнки хятт тяряфдя импульс жярйяанына эюбятярилян далья мугавимяти 300 Ом-а йахындыр. Ултра йцкск эярэинликли хятт изолйасийасы импульс тясириня давамлы олдуьундан, бошалдыжынын гыбылжым аралыбына тясир едян импульс эярэинлийи изолйасийада кясилмир, вя ашаьыдакы кими ифадя едиляр:

$$U_{ild}(t) = a\tau \cdot Z_d \quad (15.1.27)$$

Яэяр, горума мясафяси сонунa трансформатор бирляшмиш схем кими верилярся, онда (15.1.11) интегралына уйбун щесабат алгоритми – $Z_{эир}$ –я эоря ашаьыдакы кими дяйишир:

$$Z_{gir}(p) = \frac{ch\gamma\ell + Z_d \cdot pC \cdot sh\gamma\ell}{sh\gamma\ell + Z_d \cdot pC \cdot ch\gamma\ell} \quad (15.1.28)$$

бурада Z_d – хяттин далья мцгавимяти, 300 Ом; Z – хяттин сонунa гошулмуш трансформаторун импульс реэимляриндя эюстярдийи тутумудур, $n\Phi$ -ла.

(15.1.28) формуласынын ориэинал областда щесаблинмасы цццн, йеня сурят вя мяхряжин айры айрылыгда заман функциялары тйин едилмялидир. Сонра алынмыш интеграл бцкцлмля теореминя эоря ядяди сыра шякилиндя тапылыр. Алынмыш ядяди сыра иля, йарымстансийанын горума мясафясинин эиришиня тясир едян илдырым импульс функциясы ади гайдада интегралланыр;

1-нюгтяси цццн:

$$U_1(t) = \int_{\tau=0}^t U_{ild}(t-\tau) \cdot Z_{gir}(\tau) d\tau \quad (15.1.29)$$

2-нүгтяси цццн ютцрмя функцийасы тятбиг едилмякля ашабыдакы ифадя йазылыр:

$$U_2(t) = \int U_1(t - \tau) \cdot K_{gir}(\tau) d\tau \quad (15.1.30)$$

бурада $K_{gir}(\tau) \rightarrow K_{gir}(p) = 1/[ch\gamma\ell + Z_d \cdot pCsh\gamma\ell]$ - ютцрмя функцийасынын ориьиналыдыр.

(15.1.29) вя (15.1.30) ифадяляринин щесабланмасы цццн $Z_{зир}$ (т) вя $K_{зир}$ (т) функцийаларынын ориьинал областда ашабыдакы ифадялярля яяди щесабатлары апарылыр:

$$Z_{gir}[n] = \frac{s(n)}{T w(0)} - \sum_{m=0}^{n-1} \frac{Z_{gir}[n-m] \cdot w[m]}{w[0]} \quad (15.1.31)$$

$$K_{gir}[n] = \frac{2 \cdot \exp(-\delta\tau)}{T \cdot v(0)} - \sum_{m=0}^{n-1} \frac{K_{gir}[n-m] \cdot v(m)}{v(0)} \quad (15.1.32)$$

бурада- $v(m) = c(m) = 1 + I(m-2\tau) \cdot \exp(-2b\tau) + \mathcal{J} \cdot \delta(m) - \mathcal{J} \cdot \delta(m-2\tau) \cdot \exp(-2b\tau)$;

$$w(m) = 1 - I(m-2\tau) \cdot \exp(-2b\tau) + \mathcal{J} \cdot \delta(m) + \mathcal{J} \cdot \delta(m-2\tau) \cdot \exp(-2b\tau)$$

(15.1.29) вя (15.1.30) формулаларында интеграл алты $Z_{зир}$ вя $K_{зир}$ ифадялярин яяди сырасыны тьяин едян сурят вя мяхряжлярин ориьинал функцийаларыдыр, $b=0,09$ жярйян вя эярэинлик дальаларына эюстярилян, йцксяк эярэинлик хятт мяфтилляриндяки сонмя ямсалыдыр.

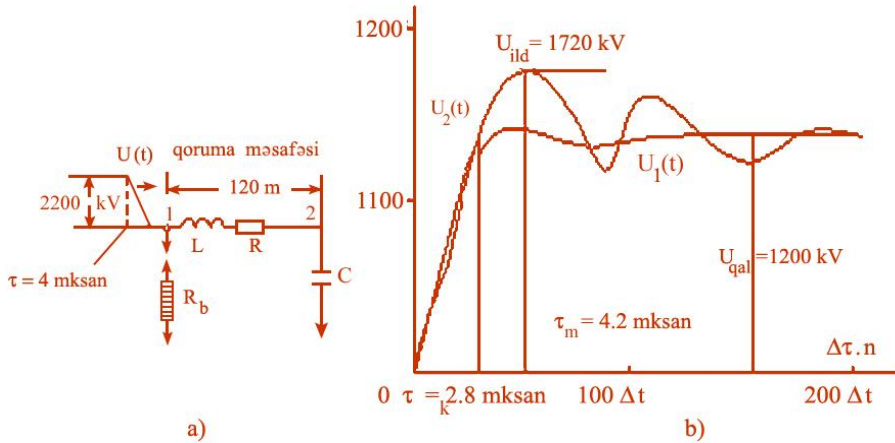
(15.1.31) вя (15.1.32) формулаларындан яяди сыраны щесабладыгдан сонра 1 вя 2 нүгтяляри цццн $U_1(m)$ вя $U_2(m)$ эярэинликляри щесабланыр:

$$U_1(n) = T \sum_{m=0}^n a \cdot \lambda T \cdot z_d \cdot Z_{gir}(n-m) \quad (15.1.33)$$

$$U_2(n) = T \sum_{m=0}^n U_1(n-m) \cdot K_{gir}(m) \quad (15.1.34)$$

(15.1.34) ифадясиня дахил олан λ там яяди 0-дан башлайараг, бошалдыжынын ачылмасына гядяр кечян мцддятдя ($\lambda \cdot T$) –баша чатыр, $a \cdot \lambda T$ -жярйян; $a \cdot \lambda T \cdot z_d = Y_{илд}(m)$ – ися, илдырым импулс эярэинлийидир. Эюрцндцц кими, алгоритмляр садя жямлямя ямялийатына эяттирилир.

Нятижядя тянликлярин йазылышында апарылан рийази чевирмяляр, ямялийатлар вя щесабатларда бурахылан хяталар да минимал олур. Апарылмыш щесабатлар яйри шякилиндя 15.1.4 б графикляри иля верилмишдир.



Шяк.15.1.4. Илдырым импульсу тясири иля изолясийада эярэинлик щесабаты а)щесабат схеми; б)бошалдыжы-1 нюгтяси вя трансформатор изолясийасына-2 нюгтяси, тясир едян эярэинлик яйриляри.

Инди ися, интеграл чевирмяляр методунун тятбиги иля нейтралы изоля едилмиш шябьякялярдя гыса гапанмаларын щяллия бахаг.

15.1.3. Интеграл чевирмяляр методу иля гейри стасионар гювс просесинин щесабаты

Гейри стасионар гювс просеси 6-35 кВ эярэинликли ЕЮХ-дя ян чох раст эялинян бир гязадыр. Йерля бир фазлы гювс гапанмасы щалында, просес йаныб сюнян гювсля мщшащидя едилир. Адятян бу шябьякяляр нисбятян гыса мясафяляря чякилдийиндя онлар йыьжам параметрли дювряляр кими щесабланыр. Гыса гапанма реьими интеграл-дифференциал тянликлярля йазылдыьындан онларын щялли цццн сярщяд вя башланьыж шяртляри нязря алынмалыдыр.

Бу просес чох мщрякяб олмаса да, гыса гапанмада мейдана чыхан гювс йаныб сюндццц вя щяр дяфя хятт дяйищян йцклярля долдуьу цццн, електрик-магнит рягсляри артыр. Електрик шябьякяляриндя йерля гапанма, нейтралын изоля едилдийи щалда 10 - 30 А-я гядяр кичик гювс жряйанлары йарадыр. Нейтралы торпагланмыш шябьякялярдя ися, чох

бюйцк жярйанлар йараныр. Бюйцк жярйанлар електрик аваданлыгларыны зядялямядян яввял реле мущафизяси тярфандя ачылырлар. Нейтралы изоля едилмиш вя йа нейтралы гювс сундирцжц реакторларла торпагланмыш шыбьяклярдя йаранан гювс електрик верилишляриня еля бир тящцкя йаратмырлар[48]. Она эюря реле мщцафизяси бу гязаны ачмыр вя гювс тьякранараг, йаныб сунмякдя давам едир.

Бу щалда йаранан електромагнит рясляринин, интеграл чевирмяляр методу вя $\delta(m)$ – кими умуми функцийаларын тятбиг едилдйи, Борел тянликляри иля щяллия бахаг. Тутаг ки, система сабит вя йа дйишян формада эярэинлик тясир едир. Гювс гапанмасы заманы коммутасйя дюврясиня йцксак тезликли эярэинликляр тясир едир. Интеграл чевирмяляр вя бцкцля теореме щям йььжам, щям дя пайланмыш параметрли дюврялярин щяллиндя тятбиг едиля биляр. Бахылан шыбьяк дюврясинин гурулушуна эюря, тятбиг едилян эярэинлийин верилмиш синусоидал функцийасына ясаян, ашаьыдакы оператор ифадясини йазмаг олар:

$$U(p) = I(p) \cdot \frac{F(p)}{H(p)} \tag{15.1.35}$$

Беля функцийанын ориьиналы (15.1.35)-дя $Z(n)$ ифадясинин ардыжыл садяляшмя вя эквивалентляшдирилмяси иля тапылыр. Яввялжя верилмиш схема эюря $Z(n)$ оператор функцийасындан ориьинал ядядляр сырасы щесабаланыр: $-Z(p) = \frac{F(p)}{H(p)} \Rightarrow z(t)$. Щесабатлар ашаьыдакы рекурент ифадя цзря йериня йетирилир:

$$z(t) \approx z[n] = \frac{f[n]}{Th[0]} - \sum_{m=0}^{n-1} \frac{z[m] \cdot h[n-m]}{h[0]} \tag{15.1.36}$$

Сонра аналоьи олагаг оператор шыкилиндя олан жярйан функцийасы : -

$$I(p) = E(p)/Q(p)$$

вя онун ориьиналы щесаבלаныр:

$$i[n] = \frac{e[n]}{Tq[0]} - \sum_{m=0}^{n-1} \frac{i[m] \cdot q[n-m]}{q[0]} \tag{15.1.37}$$

Сонда эярэинлийин ашаьыдакы ифадяси йазылыр:

$$u[n] = T \sum_{m=0}^n i[m] \cdot z[n - m] \quad (15.1.38)$$

Йухарыдакы $F(p)$, $E(p)$ функцийаларына башланьыж вь сящяд шьртляринин бцтцн илкин гиймятляри дахилдир. Бу гиймятляр щесабаты нязрядя тутулан гьза вь йа планлы коммутасийанын шьртляриндян тьйин едилир. $\mathcal{I}(n)$ функцийасы хьттин яввяли вь сонуна гошулмуш элементлярин тьнлийя дахил едилмяси иля характеристик функцийаны тьшкил едир. Бу методика цзря йаранан гьвсцн щям ясас, щям дя йцксяк тезликли тьшкиледижилляри цццн йанан вь сюнян рьбимлярини щесабламаг олур [35]. Бу бахылан методун цтццнлцкляриндян биридир.

Щесабат цццн бахылан схемдя трансформаторларын вь хьттин тутум вь индуктивликляри, щямчинин схемин мцхтялиф нюгтяляриня гошулмуш актив мцгавимятляр нязря алынмышдыр. Биринжи мярщялядя актив мцгавимятляр, хьтти схемдя олдуьу кими сабит эютцрцлцр. Интеграл чевирмяляр усулунда, мящдудлащдырыжы цтлц функцийалардан истифадя едилир. Щесабат схеминя ясасян оператор шькилиндя интеграл – дифференциал тьнликляр йазылыр. Яввялжядян бу тьнликляря, гьза вь йа коммутасийа анына уйьун олараг, тутумларда олан башланьыж эьрэинликляр, индуктивликдя олан жьряйанлар дахил едилир. Ориьинал областында щямин башланьыж шьртляр цмумиллящдирилмиш моделлящдирижи $\delta^l(m)$ вь $\delta(m)$ функцийалары иля щесабатлара дахил едилирляр. Беляликля, гьвсцн йанмасы вь сюнмяси шьраитиндя башланьыж шьртляри нязря алыныр. Дахил едилян башланьыж эьрэинлик вь жьряйан гьвсцн йанмасы вь сюнмяси анындан башлайараг щесаба алыныр. Мьлум нязьрийяляря ясасян, фаз жьряйанларынын башланьыж гиймятляри сыфыр эютцрцля биляр, цццки гьвс жьряйаны синусоиданын сыфырдан кечдийи анда сюнцр.

Эютцрцлмщщ щесабат схеминдя жьряйан вь эьрэинлик функцийаларына ясасян оператор схеминя кечмяк мягсядя уйьундур. Бу заман, оператор схеминдя сялис дьйищян вь кьсылан импульслар шькилиндя олан эьрэинлик $U_+(p) = U_-(p)$ вь жьряйанлар $I_+(p) = I_-(p)$ мянбьяляри кими диггьтя алыныр.

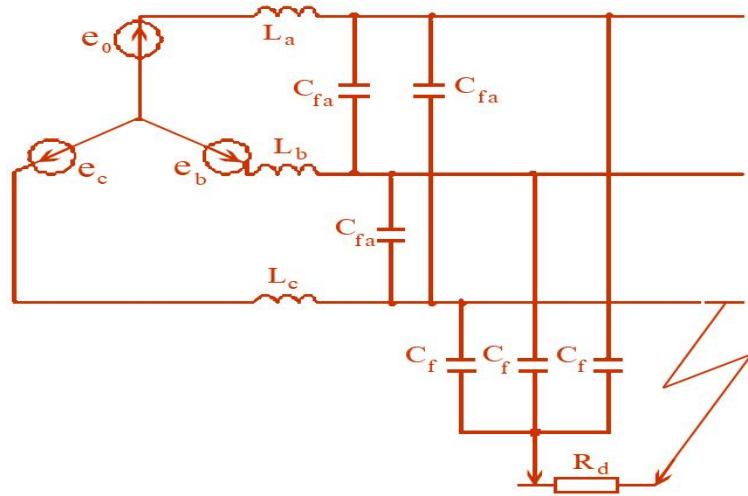
Импульс характерли мянбьяляр оператор схеминя юз амплитуд гиймятляри иля дахил олурлар. Ориьинал областына кечид $-L_-$ гайдаларына уйьун апарылыр. $-L_+$ импульс мянбьялярдян ориьинал функцийалара кечирилмяси заманы $L_+[\delta(\tau)] = 0$ функцийасы васитяси иля импульс мянбьяляр оператор схеминдя чьхарылыр. Бу ямьлийят просесин физики мащийьятиня уйьун олур. Цццки, А фазасынын йерля

гапанмасындан сонра саьлам фазларын йеря нязряян тутуму $C_f t$, m_1 гапанма анына гядяр $u_c(t_1)$ эярэинлийиня малик олур. А фазасы йерля гапандыбы андан, саьлам фазанын $u_{жс}(m_1)$ эярэинлийи, $u_{жса}(m_1)$ эярэинликли фазлар арасы $J_{афа}$ тутумла паралел бирляшир. Паралел бирляшмиш ики тутум арасында ани мцддядя эярэинликляря бярабяряляшир вя $u_{баш}$ гиймятиня чатыр.

Бу эярэинлийин гиймяти йцклярин балансына эюря ашаьыдакы кими щесабланьр:

$$u_{nah} = \frac{C_f \cdot u_c(t_1) + C_{fa} [u_c(t_1) - u_a(t_1)]}{C_f + C_{fa}} = u_c(t_1) - k \cdot u_a(t_1)$$

бурада $k = C_{fa} / (C_f + C_{fa})$ (15.1.39)



Шяк.15.1.6. Нейтралы изоля едилмиш шябьякянин бир фазлы гыса гапанма реьиминин щесабат схеми.

Адьятян $C_{фа}=(0.25\div 0.3)C_{\phi}$ вя $\kappa=0.2\div 0.25$ гиймятляриндя олур. $u_c(t_1)$ вя $u_a(t_1)$ ани эярэинликляри мцхтялиф ишаряли гиймятлярядя олурлар. Шяк.15.1.6 щесабат схеминя эюря, там систем тянлик ашаьыдакы кими ифадя едиля биляр. Верилмиш системтянликлярядя $C'' = C_{\phi} + C_{фа}$ – ЕЮХ мяфтилляри вя изолясийасынын фаз вя фазлар арасы тутумларынын жямидир. Хятгдя бир фазлы гювс гапанмасы йаранан анда бу тутумлар ардыжыл бирляширляря. R_d – параметри, гювс йаранан анда бахылан системин нейтралына торпаяын эюстярдийи тясир нятижясиндя алынан

ифадя едилян интеграл тьялик, хятт мяфтилинин бир фазлы гыса гапанмасы заманы йаныб - сюнян гювс просесинин щесабаты вя анализи цццн тьягдим едилир. Индией ися, (15.1.39) вя (15.1.40) систем тьянлийинин оператор сземини гураг. Бурада Лаплас чевирмясинин хяттилийи сахланылыр. Садылик цццн тьянликлярин саь вя сол тьяряфляри n -йя бюлцнцр. Групплашмадан сонра жяряйан вя эярэинлик цццн ашаьыдакы тьянлик йазылмышдыр:

- жяряйан цццн,

$$\left. \begin{aligned} \frac{I_a(p)}{p} &= \left[C^{11} + \frac{1}{p} \left(\frac{1}{R_d} + \frac{1}{R_a} \right) \right] \cdot U_a(p) - C_{mf} [U_b(p) + U_c(p)] - \frac{U_a(0)}{p^2} \\ \frac{I_b(p)}{p} &= -C_{mf} U_a(p) + \left(C^{11} + \frac{1}{pR_b} \right) \cdot U_b(p) - C_{mf} \cdot U_c(p) - \frac{U_a(0)}{p^2} \\ \frac{I_c(p)}{p} &= -C_{mf} U_a(p) - C_{mf} U_b(p) + \left(C^{11} + \frac{1}{pR_c} \right) \cdot U_c(p) - \frac{U_a(0)}{p^2} \\ \frac{I_0(p)}{p} &= \frac{U_a(p) + U_b(p) + U_c(p)}{3pR_d} \end{aligned} \right\} (15.1.41)$$

эярэинликляр цццн йазылан тьянликлярдя мянбьин башланьыж фазаларынын вя актив, индуктив мцгавимятляринин симметрикийини гьбул едирляр :-

$$\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c = 0; R_a = R_b = R_c = R \text{ вя } L_a = L_b = L_c = L.$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{U_a(p)}{p} &= E_m \left[\frac{\sin \varphi_a}{p^2 + \omega^2} + \frac{\omega \cos \varphi_a}{p(p^2 + \omega^2)} \right] - \frac{U_n(p)}{p} + I_a(p) \cdot \frac{pL}{p + R/L} \\ \frac{U_b(p)}{p} &= E_m \left[\frac{\sin(\varphi_a - 120^\circ)}{p^2 + \omega^2} + \frac{\omega \cos(\varphi_a - 120^\circ)}{p(p^2 + \omega^2)} \right] - \frac{U_n(p)}{p} + I_b(p) \cdot \frac{pL}{p + R/L} \\ \frac{U_c(p)}{p} &= E_m \left[\frac{\sin(\varphi_a + 120^\circ)}{p^2 + \omega^2} + \frac{\omega \cos(\varphi_a + 120^\circ)}{p(p^2 + \omega^2)} \right] - \frac{U_n(p)}{p} + I_c(p) \cdot \frac{pL}{p + R/L} \\ U_n(p) &= U_a(p) + U_b(p) + U_c(p) \end{aligned} \right\} (15.1.42)$$

Дейилдийи кими гыса гапанмайа гядяр олан симметрик реьимдя башланьыж эярэинлик сыфыр олур- $u_{cc}(t_1)=0$. (15.1.40-15.1.42) систем тынлийин 4 –жц ифадясиндян эюрцндцйц кими, гыса гапанмадан сонра нейтрал нюгтянин эярэинлийи, щяр бир фаз эярэинлийинин ани гиймятляринин садя жямлянмясиндян ибарят олур. Щесабатлар гыса гапанмыш фазанын жярйан вя эярэинлийиндян башлайыр. Фярз едяк ки, А фазасында гювсцн йанмасы $\varphi_a=270^0$ –йя йахын бир нюгтядя башлайыр. Онда, $u_a(t_1)=-U_\phi$; $u_c(t_1)=0.5U_\phi$; $u_{\phi au}=(0.5+\kappa)U_\phi > u_c(t_1)$. Бу щалда схемдя гыса гапанма нюгтясиндян $I=3\omega C_\phi U_\phi$. Интегралын щялли цццн щесабат аддымы сечирляр. Бунун цццн $1/\sqrt{LC''}$ -я уйьун заман сабитиндян истифадя етмяк олар- $\tau = \ell \cdot \sqrt{LC''}$. Заман сабитини сечдикдян сонра ону H_1 -я бюлцрляр. $H_1=10\div 20$ арасында дяйищян там ядяддир, онун кюмяйи иля йцксяк тезликли сярбьаст рьгсялари щесабламаг олур. $T=\tau/H_1$ ищарьси щесабат аддымыдыр вя онун тьтбиги иля интеграл ифадяляр щесаблана биляр.

А фазасында ихтийари заман цццн эярэинлийин гиймяти ащаьыдакы кими щесабланажагдыр:

$$\int_0^t 1(t-\tau) u_a(t) d\tau = E_m [\sin \varphi_a \sin \omega t + \cos \varphi_a (1 - \cos \omega t)] - \int_0^t 1(t-\tau) u(t) dt + L \int_0^t i_a(t) \cdot [\exp(-(t-\tau)R/L)]' dt \quad (15.1.43)$$

Щесабатларын апарылмасы заманы ащаьыдакы нисби ващидляри гьбул едирляр:

$$\varphi_a=270^0 \quad \text{вя} \quad \cos \varphi_a=0, \quad \sin \varphi_a=-1, \quad \omega=1, \quad E_m=1, \quad R_* = \frac{R}{\sqrt{L/C''}} \quad \text{вя} \quad L_* = \frac{\omega L}{\sqrt{L/C''}}. \quad \text{Мяхсуси тезлик щесабаты : -}$$

$\omega_m = 1/\sqrt{L(C_f + C_{fa})} = 1/\sqrt{4 \cdot 9 \cdot 10^{-9}} = 10^4/\sqrt{3,6} \approx 5200 \text{ Hz}$ Сабит аддым сечилдикдян сонра щесабатлар дискрет параметр n -дян асылы олажагдыр. Бу параметр вя йухарыда сечилмищ нисби ващидлярин кюмяйи иля ащаьыдакы ифадялярдян щесабат апарылыр:

$$u_a[n] = -(\sin t) - T \sum_{m=0}^n u_n[n] - TR_* \sum_{m=0}^n i_a[n] \cdot \exp[-(R_*/L_*) \cdot (n-m)] - \sum_{m=0}^{n-1} u_a[n] \quad (15.1.44)$$

(15.1.43) ифадясинидя сав тьярфдяки $Y_{н}/\Pi$ вь $\frac{PL}{P+R/L}$ кими

щяддлярин оригиналлары, А фазасы цццн намялум жьярйана аид олан щяддлярля ейнидир. Она эоря $i_a [n]$ –ын щесабаты цццн (15.1.42) ифадясинин биринжи тьялийи тятбиг едилир вь $u_a(m)$ тьяин едилир. Алынан нятижяйя эоря (15.1.42) ифадясинин биринжи тьялийини щесабламаг олар. Лакин бунун цццн $i_a [n]$ –нын щесабланмасында яввялжя $u_c[n]$ вь $u_o[n]$ мялум олмалыдыр. Интеграл тьяликляр нязярийясиня эоря бу кямиййтляр ашаьыдакы кими щесабланьр:

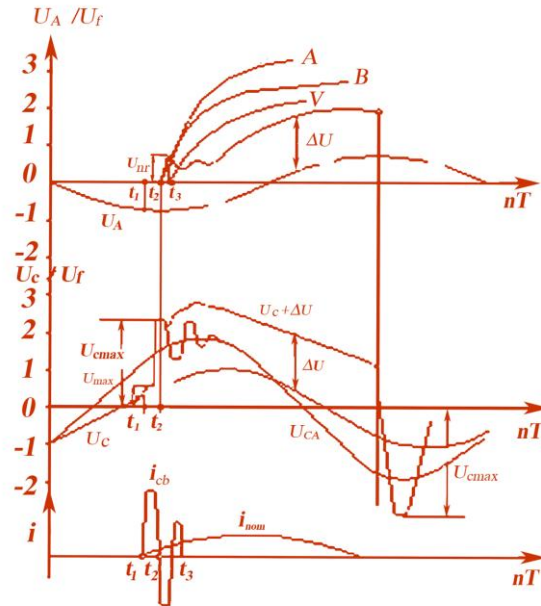
$$u_c[n]=u_{ca}[n]-u_a(t_1)\cdot(1-\kappa)\cdot e^{-(nT)R/L}\cdot\cos(nT/\sqrt{LC''});$$

$$u_o[n]=u_{oa}[n]-u_a(t_1)\cdot(1-\kappa)\cdot e^{-(nT)R/L}\cdot\cos(nT/\sqrt{LC''}).$$

Бу щалда щесабатлар (15.1.42) вь (15.1.43) систем тьяликляринин икинжи тьяликляри иля апарьлыр. Алынмыш n дискрет нюгтялрдян асылы олараг щесабланмыш эярэинлик яйриляри щяк. 15.1.7 –дя верилмишдир. Бу яйриляр бир чох ядябийятларда верилмиш нятижялря цст-цстя дцщр [1,20,46]. Яйрилярин алынмасында 6(10) кВ щябьяклярин ашаьыдакы параметрляри истифадя едилмишдир жядвял 15.1.1.

6-10 кВ щябьякя цццн мясялядя истифадя едиян щесабат параметрляри жядвял 15.1.1

Номинал эярэинлик, кВ	$R_{гювс}, Ом$	$L_{мян}, мЩн$	$Ж_{ф,мкФ}$	$Ж_{фа}, мкФ$	$R_{из}, Ом$
6	0,01-1	0,2-5	1-9	0,33-3	18-150
10	0,01-2,5	0,2-12	1-3	0,3-1	50—150



Шяк.15.1.7. Изоля едилмиш нейтралы ЕЮХ-дя бир фазлы гювс гапанмасы заманы кечид просесиндя щесаблинмыш эярэинлик яйриляри: а- А фазасынын вв б – Ж фазасынын эярэинликляри, в- Б фазасынын гыса гапанма нюгтясиндяки жярйяны.

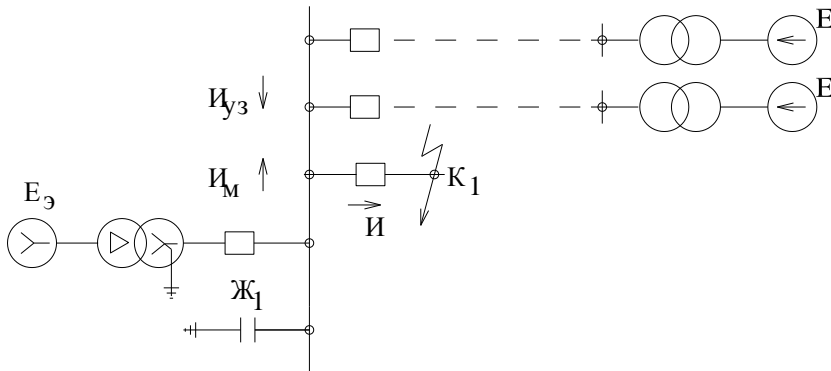
Щесабат цццн эютцрцлмцш 10 кВ електрик верилиш хяттиндя вв шябьякя схеминдя бир фазлы гыса гапанма режыминдя гювсцн йаныб - сюнмяси заманы жярйян вв эярэинлик дйишмяляри 5200 Щс мяхсуси тезликля баш верир. Бу мяхсуси тезликляр вв гыса гапанманын йаныб-сюнмя режыминдя алынан башланьыж шяртляри, (15.1.40)-(15.1.42) систем тянликляринин дахилиндя нязря алыныр.

15.1.4 Bir faz-torpag sistemindя vьrpa olunan gьrginliyin hesabaty

Ачарьн гцтбляриндя гювсцн сюнмясиндян sonra yaranan gьrginliya кечид prosesinin vьrpa olunan gьrginliyi deyilir (КБГ). Нягиги vьrpa olunan эярэинлик вв sistemin КБГ гьrginlikляри fьrgli proseslyardir. Нягиги КБГ— ачарьн kontaktларында юлчцян гьrginlikdir. Бу КБГ схем вв sistemin parametrиндян, нямчинин ачарьн хассяляри вв konstruksiyасындан асылыдыр. О сцмлядян КБГ kontakt rezistorлары, гювс гьrginliyi, гювс сцндцкдян sonra kontaktlar арасы кечирциликдян вв s. асылыдыр. Она эюря фьrgli konstruksiyalara malik olan ачарларын еуни шярaitlyrdя ачылан kontaktлары арасында КБГ фьrgli olur. Sistemдя мейдана чыхан КБГ ися sistemin karakteristikасындан асылы olur. Систем КБЭ –ляриндя ачарларын

konstruksiya və xassələrinin bu prosesə olan təsiri nəzərdən atılır. Çünki sistemə ideal açarlar aчылдығы qəbul edilir. Bu halda gəvənc müqaviməti sıfır, gəvənc sındıqdən sonra isə aralıғыn sonsuz böyüк müqavimətə malik olduғы qəbul edilir. KBG-nin hesabатыna bu cür yanaşma, sistemdə KBG-nin hesablanmasını asanlaşdıғыr və onların açarlarını normallaşdıғыlтыш KBG xarakteristikaları ilə müqaisə edilтясиня imkən verir.

Bir faza, faza-yer sistemində KBG-nin hesabаты cüfазлы sistemlərin uууun hesabatlarına ilk zəmin təşkil edir. Neutралы effektiv torpaqlanтыш gүcүц elektirik stansiyaları cүcүц bu hesabatlar xüsusi яһтмийуят дашыуыг. Bея tipik уағымstansiya və ona birləşтмш шявјякнн sхеmи шяк. 15.1.8-də verilmişdir.

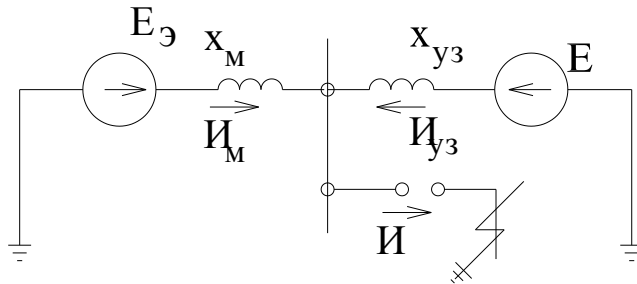


Шяк15.1.8. Effektiv torpaqlanтыш шявјякя və ona gошүлтүш stansiyanыn sхеmи.

Elektrik stansiyasının blok sxemində generator və uцқsaldici transformatorlar, digər elektrik stansiyalar иля ялағялэндириси хятлєг daxildir. Sхеmdə шягти olaraq bir agregat (generator-transformator bloku) гүстярилmişdir. Шяк15.1.8-də һятчинин elektrik aparatлары, birləşдириси naқillєг və уььта шинлєгя uууun C_1 tutumu gошүлүmüşдүг. Bu tutumun қіумяти буюкк олмаса да бяғра олунан кечид гяғинлиyin қіумятиня гүcүц təsir edir.

Sхеmdə эюстярилmiş KI нүқтясиндє cүfазлы қысақаранма уарандықда хятт ачагы I сятяуаныны ачыг. Bu сятяуанын hesabаты шяк.15.1.9 sхеmи cүгя арағылыг. Sхеm yerлє stansiyaға aid x_m və хяттə birləşтмш uзақ stansiyaların x_{y3} - dцз ардысыллықлы müqavimətlєғиндєн ibарятдир. Uууun olaraq сятяуанлар I_M və I_{y3} kimi ишарə олунmuşдүг.

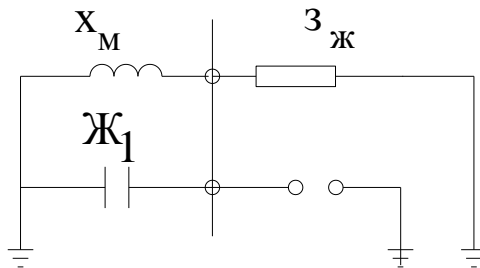
Шяк15.1.9.-да цчфазлы системин бир фазасыны сечиб, qq заманы ачагып һямин қутбцндя вярпа олунан кечид гяргинлиийинин һесабланмасына бахаг.



Шяк.15.1.9 Цчфазлы гыса гапанма жяррайанынын щесабат схеми

Шяк15.1.10 схеми parallel бирляшмиш yerli x_m , C_1 вя uзақ бирляшмялягин сям мцқавимяти $Z_{жк}$ - дян ибарятдир. Мялумдур ки, uзақ бирляшмялягин бирсинли хяttlяги ейни мяфтилля (ейни дайагларда) чякилмиш олдугларындан кечид процесиндя актив қiумятли даля мцқавимятляги $z_d = \sqrt{\frac{L}{C}}$ - иля явяз edilir.

Бир печя ялаq хяttlяги олдугда $Z=Z_0 / n$ kimi (n -хяttlягин сауы) гютцгццц. Дiгяр зядялянмиш хяttlдян башqa хяttlяг икинci башында ачыq qybul edilir. Чцнки хяttlягин икинci башына дiгярлягinya qoшулмиш transformatorlar кечид процесинин уцксяк тезликляриндя мцқавимятлярин чох бюуцк сярялнтя гиймятляри йараныр. Ачагып қутбцндя КБГ-ни superpozisiya (топланма) принсипиня ясасяп, qыса қаранма уегиндя якс сярсяуан мянбьяуинин qoшулмасы цсulu иля һялл edilirяг. Бу схемляр вя метод ашаьыдакы kimi izah edilir.



Шяк 15.1.10. КБЭ щесабаты ццн явз схеми

Ачылан $i = I_m \sin \omega t = \sqrt{2} \cdot I \sin \omega t$ сыгуаны сыгырдан кечякян, $t=0$ апындан башлауан кечид процесиндя цювс сюнцр. Ягяр һямин анда, якс ишагяли сыгуан мянбьяуи цошараг, $-\sqrt{2}I \cdot \sin \omega t$ вя дигяр мянбьяягн $E.H.Q.$ generatorлары шунтланьыла, ачагын цитбундя олан гяргинлик КБГ-уи оласацдыг. Бу гяргинлик ашабыдакы оператор ифадяси иля уазылыг:

$$U_{bkg} = I(p) \cdot Z(p) \quad (15.1.45)$$

Burada $z(p)$ йер – faz sxeminin kontaktlara пязягян шяк 15.1.10- да оюстярилмиш оператор шыкилиндяки гиргш мццавимятидир.

$$Z(p) = \frac{1}{\frac{1}{PL_m} + PC_1 + \frac{Z}{Z_c}} \quad (15.1.46)$$

КБГ-nin hesabatында ясаыя цыса царанма пюцтясиндя сыгуанын periodik тьшкледисиси пязягя алымыг. Sonralar aperiodik сыгуанын тясиги дя пязягя алынасацдыг. Адятян сыгуанын aperiodik тьшкледисиси КБГ-nin циюмьатини азалдыг. Кечид мцддятинин азалмасы сыбьабь иля ачылан

$\sqrt{2}I \cdot \sin \omega t$ сыгуаны кичик хята иля $i = \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} \cdot t = \sqrt{2}I \cdot \omega t$ иля явз етмяк олар.

Onun Laplas чевирмясиня гюря тьсвири $I(p) = \frac{\sqrt{2}I\omega}{P^2}$ оласацдыг. $I(p)$ вя $z(p)$ ифадялягнни U_{KBG} -in ифадясиндя уегиня уаздыцда ашабыдакы оператор тьнлиуи алымыг:

$$U_{KBG}(p) = \frac{\sqrt{2}I\omega}{PC_1} \cdot \frac{1}{P^2 + \frac{1}{C_1 Z_c} \cdot P + \frac{1}{L_m C_1}} \quad (15.1.47)$$

Кечид процеси сыгыг башланьыс шьртлягндя кечир. Ццнкь $t=0$ апында сыгуан сыгырдан кечир вя ачагын kontaktларында уаранан цювсцн сюндццц һямин анда гяргинлик дя сыгыг иди. Sonuncu ифадягнн аналитик цсулла тапылан оржиналы ашабыдакы кими ифадя edilir:

$$u_{KBG} = u_q \left\{ 1 - \exp \frac{-t}{2Z_c C_1} \left[\frac{\exp \frac{\sqrt{\delta} t}{2Z_c C_1} - \exp \frac{-\sqrt{\delta} t}{2Z_c C_1}}{2\sqrt{\delta}} + \frac{\exp \frac{\sqrt{\delta} t}{2Z_c C_1} + \exp \frac{-\sqrt{\delta} t}{2Z_c C_1}}{2} \right] \right\} \quad (15.1.48)$$

Burada $\sqrt{\delta} = \sqrt{1 - (4Z_c^2 C_1 / L_m)}$, $u_q = \sqrt{2I\omega L_m}$ -qaуыдыш гяргинлиyi adлань, яsas tezliya гюря тьуин олунур. Кечид процесинин сонунда бягря олунан гяргинлик, qaуыдыш гяргинлиyiнэ бягрябягряшир. Qaуыдыш гяргинлиyiнин qiумьати faz гяргинлиyiнин амплитудасындан бюудкдцр вэ кечид процесэ ягзидьэ сабит qалыг. Чцнкэ $L_m > L_k$ вэ L_k шьэвьякэ системэнин qыса qаранма пюотьэсинэ qядьэг олан индуктивлиyiдир. Кечид процесинин характери юлчц vahиди олмаьан $\sqrt{\delta}$ ямсалындан асылыдыг. Онун уегинэ щесабагата дага цуьун олан

$\eta = \sqrt{1 - \delta} = 2Z_c \sqrt{\frac{C_1}{L_m}}$ parametri дахил edilir. $\eta = 1$ qiумьати кечид процесинин

monoton olduьу критик шьэртэ гюря сечилir. η -nin аз artмасы илэ кечид процесэ гьэси характерэ кечир. $\eta < 1$ olduьда кечид процесэ монотон характерли олур Шьэк15.1.11. Z_c мццэвиьати гяргинлик гьэслэринин сьонмьэсинэ тьуин edir. $\eta = 1$

olduьда $Z_c = Z_{kr} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{L_m}{C_1}}$ олур. $\eta = \frac{Z_c}{Z_{kr}}$ nisьэти илэ тьуин edilir. KBG-nin

мццэтьэлиф η ямсалы чццн аналитик ifадьэси мццэгьэкьэб алынь.

Ашьэьыда хцсуси hallар чццн KBG-nin ifадьэлягэ verilмишдир: $\eta = 1$ halы чццн (критик шьэрт кими гьэбул едилян)

$$U_{KBG} = U_q \cdot \left[1 - \left(1 + \frac{2Z_c t}{L_m} \right) \cdot \exp \frac{2Z_c t}{L_m} \right] \quad (15.1.49)$$

$\eta \rightarrow \infty$ halында процес сьонмьэ олмадан гьэси характердэ дьэишир.

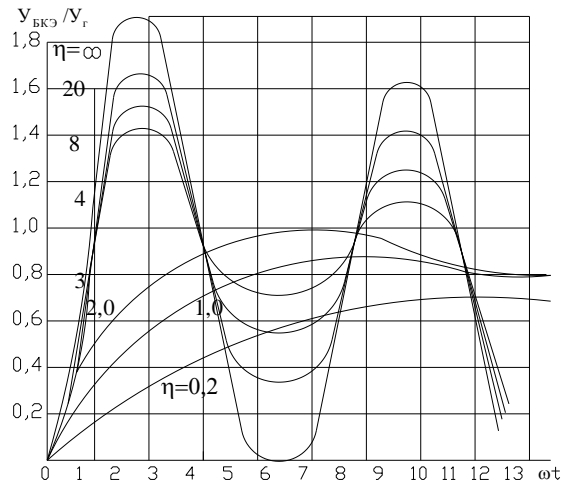
$$U_{KBG} = U_q \cdot \left[1 - \cos(t / \sqrt{L_m C_1}) \right] \quad (15.1.50)$$

$C_1 = 0$ olduьса процес експоненциал qанунла дьэуишир:

$$U_{KBG} = U_q \cdot \left[1 - \exp \frac{Z_c t}{L_m} \right] \quad (15.1.51)$$

Son üç ifadənin birinci həddi qaуыдыш гяргинлиуия брягвяг, икинси һәдди ися срягвяст гяргинлиуия брягвярдир. Срягвяст гяргинликляг Z_c мцқавимятиня ууьун сюнтмя ямсалы заман кечдикся азалыг.

Вягря олунан гяргинлиуин сүгряти. КВГ-нин сүгряти дюплярин ачылма процесиня тясир едир.



Шяк15.1.11.Бирфазлы системдя КБЭ-ин цмумляидирилмиш яйриляри

Tutum olmadыгда ачагын цүтбүндя гяргинлик експонента қануну иля артыг. КВГ-нин сүгряти (15.1.49) ifadəsinin тюгрямси кими тарылыг:

$$\frac{dU_{KBG}}{dt} = \sqrt{2}I\omega Z_c \exp \frac{-Z_c t}{L_m} \quad (15.1.52)$$

$m=0$ анымда (15.1.52) ifadəси КВГ-нин сүгрятини verir:

$$S = \sqrt{2}I\omega Z_c \quad (15.1.53)$$

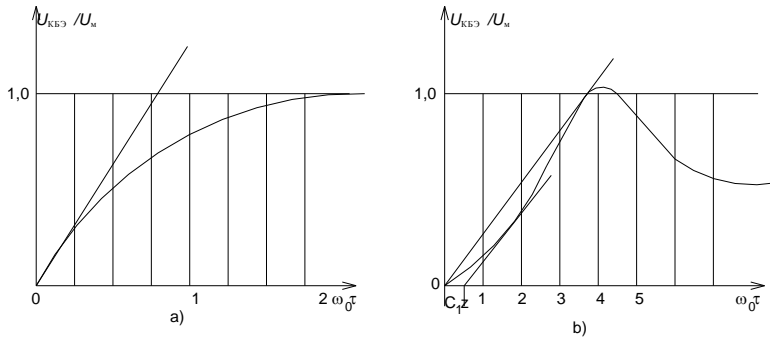
Гюгүндүцүц кими КВГ-нин сүгряти ачылан срягуан вя сям мцқавимятля мцтянасибдир.

Tutum oldugda $U_{KBG}(t)$ яуғисини башлангыч һиссядә чүкүк характер алыр, яуғилкдән сонра ися қабарғық шякildя артыр шяк 15.1.12 а,б.

Няндяси оларяқ KBG-nin орта сүрәти кимй координат башлангысындан кечяп хяттин absisc оху иля тяшкй etdiyи бусаыым tg -си қябул edilir. Еуни заманда ону (15.1.53) ifadyasi иля $Z_c = Z_{kr}$ вя $\mathcal{K}_1 = 0$ olan halda γ сүрәт ямсалыны пязяря алмақла ашаыыдакы кимй hesabламақ олар:

$$S = \sqrt{2I\omega} Z_{kr} \cdot \gamma \quad (15.1.54)$$

γ нуғуы S_{or}/S_o nisbятиня бярабярdir. γ ямсалы η параметринин funksiyасыдыр.



Шяк 15.1.12 KBG-in сүрәтини izah edяп qrafikляр, toxunanlar-тюрятя цсuly иля ifadyasi a) tutum olmayqda, b) tutum olduqda

$\eta = 1, \gamma = 0,6; \eta < 1; \gamma < 0,6; \eta > 1; \gamma > 0,6; \eta \rightarrow \infty \gamma \rightarrow 1,44$ olur.

Няндяси оларяқ KBG-nin орта сүрәти кимй координат башлангысындан кечяп хяттин absisc оху иля тяшкй etdiyи бусақ қябул edilir. Еуни заманда (15.1.54) ifadyasi иля $Z_c = Z_{kr}$ вя $C_1 = 0$ olan halda сүрәт ямсалыны пязяря алмақла hesabламақ олар:

$$S = \sqrt{2I\omega} Z_{kr} \cdot \gamma \quad (15.1.55)$$

γ нуғуы nisbятиня бярабярdir. γ ямсалы η параметринин funksiyасыдыр.

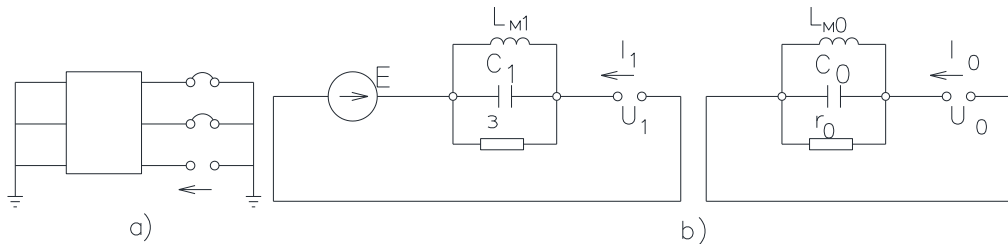
15.1.5 Цчфазлы эффектив торпақланмыш шябьякядя бягра олунан кечид гяргинлиийинин hesablanması

Цчфазлы қювсцн ачагларын контактларын ачылмасы халында сюнмяси еуні заманда баш вермір. Bunun сябябі қювс сярғанларын фаз сццшмялярідір. Шябьякягрин қыса қаранма статистикасы, 80-90%-in bir fazлы ққ іля баш вердіїні гюстярїр. Цчфазлы қыса қаранма аз олур. Бу ққ ясасян уерля қаранма іля баш верїр. Цчфазлы уерля қаранмадан ққ надір hallarda мцшahїдя edilir. Она зюря цчфазлы йерля гыса гапанмайа бахаг.

Цчфазлы уерля ққ. Веля қаранмада цчфазлы ққ сярғанларын биринци сыфырдан кечян fazасы ачылыр. Дїгяр ікї fazанын сярғанлары іся һялїлїк қаранмыш қалыр.

Биринци қцтбцн сярғануны ачылыр вя қювс сюндүкдян sonra ikifazлы уерля ққ rejımı башлауыр. Ікінци қцтбдя қювс ачылдықдан sonra іся bir fazлы уерля ққ қалыр, цчццц ццтб қювсцццн сюнмяси іся bir fazлы ққ ачылмасы іля баша чатыр.

KBG-ni тярїн етмяк цццн ачагын ачылан сярғануна якс olan сярған мянбярї қошулур. Дїгяр ікї ццтб қаранмыш вязїууятдя қалыр. Шяк15.1.13-я бу halda sistemin simmetriyasы rozulur. Ачылан ццтбдя гюгя sistemin гїрїш мцқавїмятинин тарылмасы цццн simmetrik toplananlar методундан istifadya edїрляр. Bunun цццн дцз (якс) вя сыфыр ардысыллықлы явяз схемлярї сяк.15.1.13 б қурулур. Ягяр generatorлар цццн дцз вя якс ардысыллықлы еунї гютцгцлярся, сыфыр ардысыллықлы явяз szemi onlardan yalныз ENQ-мянбярїнїн olmamasы іля фярглїнїрляр. Гюгцндццц кїмї һяр схем цч elementin paralel бїрлїшмясїндян ібарятдїр :- generator вя transformtorun сям индуктивлїї L_m (сыфыр ардысыллықда іся yalныз transformtorun индуктивлїї L_{m0} олур), C tutumu вя хятлїгрин ууьун ардысыллықлы мцқавїмятлїгї.



Şәk.15.1.13 3 fazlı KBG-nin hesablanma sxemi

Açılan qütblərə nəzərən sxemlərin giriş müqavimətləri aşağıdakı kimi hesablanır:

$$Z_1 = Z_2 = \frac{1}{1/\omega L_{m1} + \omega C_1 + Z_{c1}^{-1}} \quad (15.1.56)$$

$$Z_0 = \frac{1}{1/\omega L_{m0} + \omega C_0 + Z_{c0}^{-1}}$$

Düz və sıfır ardıcılıqlı yekun induktivlikləri generator və transformatorun nisbi müqavimətlərindən hesablamaq olar. C_1 və C_0 -in tarılması aşahıda göstərilmişdir. Uzun birincili xətlərin düz və sıfır ardıcılıqlı yavaş sxemində daha müqavimətlərinə bərabər qiymətdə aktiv müqavimətlər gətirilir.

Açarın qütblərində gərginlik və cərəyanları \underline{U}_A , \underline{U}_B , \underline{U}_C , \underline{I}_A , \underline{I}_B , \underline{I}_C kimi işarə edək. Uzun olaraq simmetrik toplaqları \underline{U}_1 , \underline{U}_2 , \underline{U}_3 və \underline{I}_1 , \underline{I}_2 , \underline{I}_3 kimi gətirək. Məsələnin həlli üçün yavaş şərtlər verilir.

$$\underline{U}_B = \underline{U}_C = 0 \text{ və } \underline{I}_A = \underline{I} \text{-açılan cərəyandır.}$$

Axtarılan \underline{U}_A gərginliyinin simmetrik tərkibçiləri aşahıda yazılmışdır.

$$\underline{U}_0 = \frac{1}{3}(\underline{U}_A + \underline{U}_B + \underline{U}_C)$$

$$\underline{U}_1 = \frac{1}{3}(\underline{U}_A + a\underline{U}_B + a^2\underline{U}_C) \quad (15.1.57)$$

$$\underline{U}_2 = \frac{1}{3}(\underline{U}_A + a^2\underline{U}_B + a\underline{U}_C)$$

burada $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ ardıcılıqlı və ya vektorların dördüncü rəqəmləridir. Yavaş şərtləri nəzərə aldyqda (15.1.57) üçün aşahıdakı ifadə tarılır.

$$\underline{U}_0 = \underline{U}_1 = \underline{U}_2 = \frac{\underline{U}_A}{3} \quad (15.1.58)$$

$$\underline{I}_0 + \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = \underline{I}$$

Няг бир ардысылыг цчцн Kirxhov тәнлиҗини yazдыгда

$$\underline{U}_1 = \underline{I}_1 \cdot Z_1; \underline{U}_2 = \underline{I}_2 \cdot Z_3; \underline{U}_0 = \underline{I}_0 \cdot Z_0 \text{ olar.}$$

(15.1.58) бәрәбәрлиҗи вә сонунcu ифәдәләри даһа уҗғун бир шәкildә yazmaq olar:

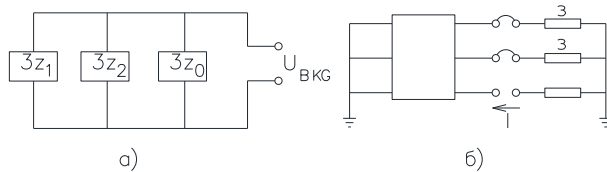
$$\begin{aligned} 3\underline{U}_0 &= 3\underline{U}_1 = 3\underline{U}_2 = U \\ 3\underline{U}_1 &= 3\underline{I}_1 \cdot Z_1 \\ 3\underline{U}_2 &= 3\underline{I}_2 \cdot Z_2 \\ 3\underline{U}_0 &= 3\underline{I}_0 \cdot Z_0 \end{aligned} \quad (15.1.59)$$

Bu бәрәбәрликләрә Шәк.15.1.14-дә гөстәрилмиш комплекс әвәз sxemi уҗғун гәлир бу sxemi гириш мұқавимәти $Z_1 = Z_2$ halı үчүн

$$Z_{ekv}^{(1,1,1)} = \frac{3Z_1 Z_0}{Z_1 + 2Z_0} \text{ olar.} \quad (15.1.60)$$

Беләликлә уч фазлы qq-да ачагы 1-ci цдтбццн ачылмасы заманы КБГ-нин (15.1.60) ифәдәси илә hesabламаq olar. Bunun цчцн, $L_m C$ вә Z_C параметрләрини эквивалент цчфазлы sxemдә алымтыш қиүмәтиәгә явзә етмәк lazымдыр:

$$L_{ek}^{(1,1,1)} = \frac{3L_1 L_0}{L_1 + 2L_0}; \quad Z_{ek}^{(1,1,1)} = \frac{3Z_1 Z_0}{Z_1 + 2Z_0}; \quad C_{ek}^{(1,1,1)} = \frac{2C_1 + C_0}{3}$$



Шәк.15.1.14 КБГ-нин hesabат sxemi

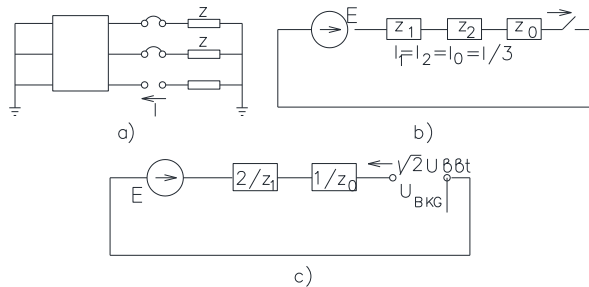
Üçfazlı yerlə qapanmayan QQ. KBG-nin hesabata görə bu hal ağır rejimlərdəndir. Lakin bu QQ-nin ehtimalı çox azdır. KBG-nin hesabata ciddi yanaşıldıqda Şək 15.1.14-b-də göstərilən xətt müqavimətləri nəzərə alınmalıdır. Hesabatlar göstərir ki, Z müqavimətinin KBG-yə təsiri azdır. Təqribi hesabatlarda xətt müqavimətini $z \rightarrow \infty$ götürmək olar. Bu zaman sıfır ardıcılıqlı budaq şək 15.1.14 a -da açıq götürmək olar, onda ekvivalent giriş müqaviməti aşağıdakı kimi yazılır:

$$Z_{ek}^{(3)} = 1,5 \cdot Z_1 \quad (15.1.61)$$

Göründüyü kimi sxem yalnız L_m, C, Z_c -nin düz ardıcılıqlı parametrlə göstərilir. Bu halda giriş müqaviməti $Z_1, 1,5$ -ə vurulur. Bu halda da KBG-nin hesabata ifadəsi (15.1.61) kimi götürülür.

Birinci qütb açıldıqdan sonra sxem iki fazlı QQ-ya keçir. Yerlə qapanma olmadığından açarın 2-ci və 3-cü qütblərinə ardıcıl müqavimət qoşulmuş olur. Ona görə bu aralıqlardakı gərginliyin yarısına bərabər olur. Ona görə 2-ci və 3-cü qütblərin açılması yüngül rejim olur.

Birfazlı QQ. Yuxarıda deyildiyi kimi birfazlı qq açılması, üçfazlı qısa qapanmada axırıncı fazın açılmasına uyğundur. Bu halda cərəyan 1-ci qısa qapanma nöqtəsindəki cərəyandır. Bu cərəyanın hesabata şək 15.1.15-də verilmiş əvəz sxeminə əsasən aparılır.



Şək. 15.1.15 Ekvivalentləşdirilmiş hesabata sxemi

b) sxemdə düz, əks və sıfır ardıcılıqlı müqavimətlər ardıcıl qoşulmuş və bütün cərəyanlar $\frac{I}{3}$ -ə bərabərdir. KBG-ni hesablamaq üçün açıq dövrəyə - $i = \sqrt{2}I\omega t$ əks cərəyan mənbəyi qoşulur və E mənbəyi isə dövrədə şuntlanır

şek.15.1.15 c) sxemi. QQ-da açarın kontaktına nəzərən giriş müqaviməti aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\underline{Z}_{ek}^1 = \frac{2\underline{Z}_1 + \underline{Z}_0}{3} \quad (15.1.62)$$

KBG-nin hesabları yenə də (15.1.62) ifadəsi ilə aparıla bilər. Bu halda L_m, C, Z_c parametrləri aşağıdakı ekvivalentli ifadələrlə əvəz edilir:

$$L_{ek}^{(1)} = \frac{2L_1 + L_0}{3}, \quad L_{ek}^1 = \frac{2Z_1 + Z_0}{3}, \quad C_{ek}^{(1)} = \frac{3C_1 C_0}{2C_0 + Z_1}$$

Beləliklə (15.1.62) ifadəsi QQ-nın açılması zamanı KBG-nin hesablanmasının universal ifadəsi olaraq istifadə edilir.

Натамам гошулмалар вѣ бирфазлы ГТ-ын ачылмасында алынан яйриляр кечид просесиндя эярэинлийин резонанс характериня аид едилир.

Лакин феррорезонанс характерли ифрат эярэинликляр бунлардан кейфийятжѣ фярглидир. Инди ися бу мясяляйѣ бахаг.

15.1.6 Феррорезонанс характерли дахили ифрат эярэинликляр

Електрик ютцрмяляриндя феррорезонанс ифрат эярэинликляри, шѣбѣкѣдя мцхтялиф сѣбѣблярдян електрик машынлары вѣ трансформаторларда олан магнит ичликляриндяки дойма просеси иля баш верир.

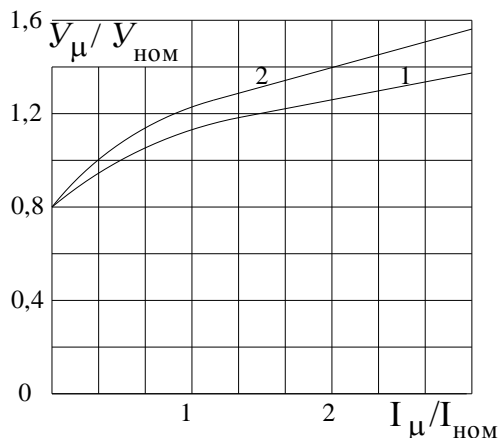
Номинал эярэинликдя магнитляня жярѣяны трансформаторун номинал жярѣяанынын 2-4%-ни тяшкил едир. Эярэинлик номиналдан чоходуьу шалда магнитляня жярѣяны да сцртля номинал жярѣяана гядѣр артыр. Бу магнитляня жярѣяанында йцксѣк шармоникаларын пайы чохалыр. Тящриф олуан жярѣяанын формасы дѣйишир вѣ онун ясас шармоникасынын амплитудасы максимал жярѣяанын 50-70 %-ни тяшкил едир.

Тяркибиндя йцксѣк тезликли топлананлар олан жярѣяан 2 яйриси иля дѣйишир. Гейри синусоидал жярѣяанлар схемдя олан элементлярдян кечдикдя гейри синусоидал формалы эярэинликляр йарадыр. Беяликля трансформатор вѣ ЕЮХ-ин хяттин дѣэѣр нюгтяляриндя йцксѣк шармоникалы эярэинлик дцшкцляри мейдана чыхыр.

Трансформаторун магнитляня жярѣяанынын артмасы бѣзи шалларда сѣнайѣ тезликли эярэинлийин мящдудлашмасына сѣбѣб олуру.

Узаг ютцрмялярдя магнити доймуш трансформаторлар, гейри хятти реакторлар кими, хяттин тутум жярйанларыны гисмян компенсасийа едирляр.

Шяк. 15.1.16-да магнитляня жярйаны номинал жярйанын 2%-и гядяр олан шал цццн, эцжц хяттин номинал эцжцня бярабяр олан трансформаторун магнитляня характеристикасы верилмишдир.



Шяк. 15.1.16. Трансформаторун гейри хятти магнитляня характеристикасы 1-магнитляня жярйанынын эярэинлийин амплитудасындан асылылы, 2-сянайе тезликли жярйан вя эярэинлик асылылыглары

Яяр схемин мцгавимяти аз йцклянмиш вя йа йцксцз трансформатора нисбятян тутум характерли оларса, ифрат эярэинлийин гиймяти хейли артыр. Бу шал гейри хятти дюврялярдя феррорезонанс щадисясиня аид типик мисалдыр. Сянайе тезликлярдя резонанса эялмя щармоник резонанс, фяргли тезликлярдя (сянайе тезлийиндян бюйцк вя йа кичик) ися, гейри щармоник резонанс адланыр.

Феррорезонанс ифрат эярэинлийини гейри хятти индуктивлик, тутум вя актив мцгавимятин синусоидал мянбяйя гошулма схемляринин кюмйи иля юйрянирляр. Реактив L , J элементляринин ардыжыл гошулмасында эярэинликляр феррорезонансы, паралел гошулмасында ися жярйанлар феррорезонансы йараныр.

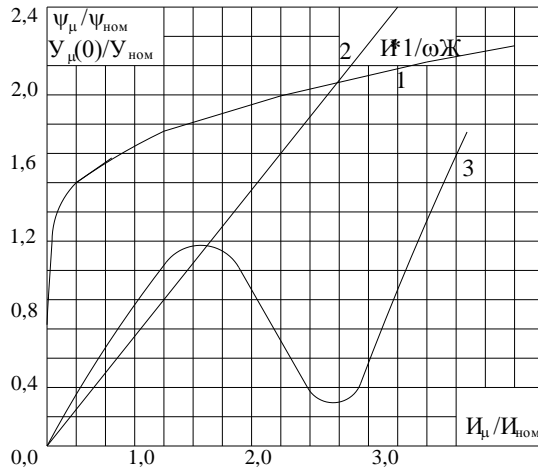
Техники ядыбийятларда гейри хятти характеристиканын мцхтялиф шякилдя верилмяси эюстярилик. Онлар жярйанын ясас щармоникасынын, сянайе тезликли эярэинлийин амплитудасындан вя йа индуктивлийин магнит илишмя селиндян асылылыбы кими график шякилиндя, щямин асылылыгларын аппроксимасийа едилмиш тягриби функсийасы вя йа жядвяляр шякилиндя вериля биляр [57]. Онларын тясири гейри хятти индуктивлик гошулмуш P , L , J дюврясиндя

жэряйанла ээрэинлик арасында гейри хятти Волт-Ампер характеристикасы шяк.15.1.17 вэ йа трансформаторун дойма шалында индуктивликля магнит илишмя селинин асылылыгы кими щесабат алгоритмлярия дахил едилир. Бу заман електрик шябьяксындя олан ютцрцжц хяттляр диэяр элементляр вэ хятти магнит дювряляри ади гайдада нязря алыныр. Бизим йанашмамызда бу асылылыг шяк.15.1.16 – йа уйьун, лакин онун индуктивликля магнит илишмя сели арасында дойма жэряйаны иля йазылмыш тягриби аппроксимасийа формасында верилир:

$$\psi(I_{\mu}) = 0,8 + 0,0026 \cdot I_{\mu} + 0,0234 \cdot I_{\mu}^2 + 0,0514 \cdot I_{\mu}^3 + 0,00262 \cdot I_{\mu}^4 \quad (15.1.63)$$

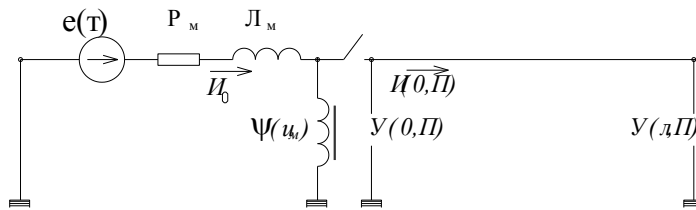
(15.1.63) ифадясиндя верилмиш ямсаллар шяк.15.1.16 яйрисиндя 4 нюгтядя эютцрцлмщш координатлара эюря тяртиб едилян тянликляр системиндя тьяин едилмишдир. Бу ямсалларла апарылан щесабатларда верилмиш яйрийя чох йахын олан асылылыгы алынмышдыр.

Беяликля системдя олан гейри хяттилик магнитляня жэряйаны вэ магнит илишмя сели кими алгоритмляря дахил едилир. Бу щалда сящифя 379–да верилмиш (14.1.11-14.1.14) тянликлярия ялавя сярщяд шярти кими хяттин яввялиндя трансформатор ичлийинин гейри хятти жэряйан тянлийи гошулур. Дюврялярин беяля тягриби анализи йцксяк тезликлярин тясиринин аз олдуьу вэ гейри хятти $\psi(I_{\mu})$ вэ йа $U(I_{\mu})$ асылылыбын ясас тезликлярин тясиредижи гиймятляри арасында эцжлц олдуьу щалларда доьру ола биляр. Шяк.15.1.17-дя, (15.1.63) цтлц функцианын кюмяйи иля алынмыш дойма яйриси вэ хяттин эиришиндя щесабланан резонанс ээрэинлийинин 3 яйриси верилмишдир. Схемдя актив мцгавимятин ээрэинлик дцщкцсц щесабына резонанс заманы яйринин чюкцк щиссяси сыфыр сявиййядя йухарыда йерляшир. Идеал Л-Ж параметрляри олса иди ээрэинлик яйрисинин чюкцк щиссяси сыфыр оларды.



Шяк.15.1.17. Эцэж трансформаторунун магнит ичлийинин гейри хяттилийинин тясирн: 1 яйриси –ясас цармониканын гейри хяттилийи, 2 яйриси-ясас цармониканын тясириндян йаранан тутум эярэинлийи, 3 яйриси- резонанс эярэинлийин алынмасы (3-садялик цццн бу шякилин цяриндя башга мигйасда верилмишдир) .

Инди ися мцгайиса цццн §14.1.3-дя хяттин сону цццн бахылмыш мясялянин гейри хятти вариантынын щяллия бахаг шяк.15.1.18.



Шяк.15.1.18 Трансформаторун гейри хятти магнит илишимя селинин щесабат схеми

Верилмиш схема аид ашаьыдакы тянликляри йазмаг олар:

$$U(0, p) = E(p) - Z_m(p) \cdot I_0(p) \quad (15.1.64)$$

$$U(0, p) = p \cdot \Psi(I_{\mu}) \quad (15.1.65)$$

$$I(0, p) = I_0(p) - I_\mu(\psi) \quad (15.166)$$

$$I_0(p) = \frac{E(p)}{R_m + pL_m} - \frac{U(0, p)}{R_m + pL_m} \quad (15.1.67)$$

$$I(0, p) = \frac{U(0, p)}{z_d \cdot \text{cth } \gamma \ell} \quad (5.1.68)$$

Хяттин сону ачыг олдууу цццн

$$U(0, p) = U(\ell, p) \cdot \text{ch } \gamma \ell \quad (15.1.69)$$

(15.1.64-15.1.69) ифадяляринин интеграл тянликляр методу иля щялли ашаьыдакы ардыжыллыгла апарылып. Трансформаторун магнит ичлийинин гейри хятти дойма характеристикасы (15.1.65)–дян тьйин олуан $Y(0, m)$ функцийасынын ориьиналы иля нязря алыныр. Хяттин сону цццн эярэинлик щесабатларында йухарыдакылара аналоьи олараг ифадялярин сурят вя мяхряж функцийаларынын айры-айрылыгда ориьиналлары тьйин едилир. Бу мясялянин интеграл тянликляр, дискрет чевирмяляр вя бцкцлмя теореминин тьтбиги иля алынан нятижяляриня бахаг. (15.1.68) тянлийинин $Y(0, n) = n \cdot \psi(u_\mu)$ ифадяси заман областында

$u(0, n) = T \sum_{m=1}^n \delta'(n-m) \cdot \psi(m)$ гапалы жям щякилиндя щесабланыр.

Алынмыш $y(0, n)$ функцийасына ясаян хяттин сонундакы $y(\ell, n)$ эярэинлийи вя яввялиндяки $u(0, n)$ жьряйянлары щесабланыр: - $U(\ell, p) = \frac{U(0, p)}{\text{ch } \gamma \ell}$; $I(0, p) = \frac{U(0, p) \text{sh } \gamma \ell}{z_d \text{ch } \gamma \ell}$. Тянликляря дахил едилмиш $сц$

$ул$ вя $жц$ $ул$ щиперболик функцийаларынын ачылышы ашаьыдакы садя йазылыша маликдир: - $\text{sh } \gamma \ell = \frac{1 - e^{-2p\tau} \cdot e^{-2\sigma\tau}}{2 \cdot e^{-\sigma\tau}}$ вя $\text{ch } \gamma \ell = \frac{1 + e^{-2p\tau} \cdot e^{-2\sigma\tau}}{2 \cdot e^{-\sigma\tau}}$.

Жьряйянын щесабланмасы цццн интеграл алты $y(0, n)$ функцийасы иля $(1 - e^{-2n\tau} \cdot e^{-2\sigma\tau}) / (1 + e^{-2n\tau} \cdot e^{-2\sigma\tau})$ щиперболик функцийаларын интеграл бцкцлмяси истифадя едилир. Бунун цццн яввялжя кьср вуруьуну дискрет чевирмяйя уьратмагла характерик ординатлары тапмаг лазмагдыр.

$$H1(n) = \frac{F1(n)}{T \cdot Q(0)} - \frac{1}{Q(0)} \cdot \sum_{m=1}^n H1(m) \cdot Q(n-m). \quad (15.1.70)$$

Сонра ися садя гапалы жямля жярйянын замандан асылылыгы функцийасы тьяин едилир:- $i(0, n) = T \sum_{m=1}^n U(0, m) \cdot H1(n - m)$. Аналози олага хяттин сонундакы эярэинлийин $V(0, n)$ иля олан ялагясиндян сону ачыг олан хяттин яввяли вя сонунда эярэинликлярин (15.1.69)-а уйьун олан ифадяси цмуми шыкилдя ашабыдакы оператор тьянлийи иля йазылыр:

$$u(l, p) = U(0, p) / ch \gamma l = \frac{U(0, p)}{H(p)} \quad (15.1.71),$$

$$H(p) = [1 + e^{-2\tau(p+\delta)}] / 2 \cdot e^{-\sigma\tau} \quad (15.1.72)$$

Лаплас тясвиринин хяттилик хассясиня ясаян (15.1.71) ифадясини $y(0, n) = y(l, n) \cdot \Psi(n)$ шыкилиндя йазмаг олар. Заман областында ися щямин ифадя интеграл тьянликля йазылыр:

$$u(0, p) \rightarrow u(0, t) = \int_0^t u(l, \tau) \cdot h(t - \tau) \cdot d\tau \quad \text{кими йазыла бияр}$$

(15.1.73).

Сонунжу ифадядя ахтарылан $y(l, m)$ функцийасы интеграл алтында олдуьундан $y(0, m)$ ифадяси *интеграл тьянлик* адланыр.

Сабит щесабат аддымы (T) сечяряк, (15.1.73) ифадясиндян $y(0, m)$ функцийасынын жям шыкилиндя ачылышыны ашабыдакы кими эюстяряк олар:

$$u[0, nT] = T \sum_{m=0}^n u[l, mT] \cdot h[(n - m)T] \quad (15.1.74)$$

T сабит олдуьуна эюря дьяйишян ямсаллардан чыхарыларса, соунунжу гапалы жям ифадясиндян эярэинлийин цмуми $y[l, n]$ дискрет формуласы ашабыдакы кими тьяин едилир:

$$u[l, n] = \frac{u[0, n]}{T \cdot h[0]} - \frac{1}{h[0]} \cdot \sum_{m=0}^{n-1} u[l, m] \cdot h[n - m] \quad (15.1.74)$$

(15.1.74) ифадясиндя $u[l, n-m]$ (15.1.72) тясвир функцийасына уйьун олан ядядляр сырасыдыр. Онларын васитяси иля тьяин олунан $y[l, n]$ ися,

заман областында дискрет n параметриндя асылы олан ахтарылан оригинал эрэинлик функцийасыдыр. $y[0, n]$ вә $u[n-m]$ функцийалары тәсир вә моделләшдирижи вақид импульс функцийалардан ибарятдир. Шәмин гайдада (15.1.69) тәнлийинин $u_0(m) \approx u_0(nT)$ магнит-сәпяләнмя жәряйаны - $e(n) = \sin(n + \varphi) - y[0, n]$ сурят функцийасы илә,

$$\text{Щ}2(m) = \frac{1}{L_m} \cdot e^{-\frac{R_m \cdot t}{L_m}} \text{ оригинал мяхрәж функцийасынын бәққлмә теореминя}$$

уйьун интегралындан тапылыр: - $i_0(n) = T \sum_{m=1}^n e(m) \cdot H2(n-m)$ Шәсабатлар

интеграл тәнликляр методу илә ашаьыда верилмиш МАТЛАБ програмында йериня йетирилир. Шәсабатын бә шәкилдә апарылмасы график-аналитик вә жәдвәл цуллерына нисбәтән даща сәрфәлидир. Компцтерлярдә асан програмлашыр вә шәсабат хяталары сечилмиш ямсалларын тәйин областына ясәян ихтияр ичкик шәддә гәдәр азалдыла билир.

Rm=0.02; Lm=0.29; D=0.06; Fi=1.5736; Lx=500; W=314;

Ta=Lx*W/298000; T=Ta/10; D0=exp(-D*T);

D1=exp(-D*Ta); D2=exp(-2*D*Ta); Im(1)=0;

N=300; N1=Ta/T; N2=2*N1; W(1)=0;

A1=0.026; A2=0.0234; A3=0.0514; A4=0.00262;

for K=1:N1

E(K)=0; X=K*T; E1(K)=sin(X+Fi); H2(K)=0; B(K)=0;

Y(K)=1+Rm; H1(K)=1; Q(K)=1; H(K)=(exp(-Rm*X/Lm))/Lm;

end

for K=N1:N2

X=(K-N1)*T; X1=K*T; H(K)=(exp(-Rm*X1/Lm))/Lm; B(K)=0;

E(K)=2*D1*(cos(Fi)-cos(X+Fi)); E1(K)=sin(X1+Fi); H1(K)=1;

Y(K)=1+Rm; Q(K)=1; H2(K)=2*D1

end

for K=N2:N

X=(K-N1)*T; X1=K*T; H(K)=(exp(-Rm*X1/Lm))/Lm; H1(K)=1-D2;

Y(K)=1+Rm+D2*(1-Rm); Q(K)=1+D2; B(K)=0; H2(K)=2*D1;

E(K)=2*D1*(cos(Fi)-cos(Fi+X)); E1(K)=sin(X1+Fi)

end

Y(1)=Y(1)+Lm*D0/T; R2=1/(T*Q(1)); V1(1)=H1(1)*R2;

Y(N2)=Y(N2)-D2*Lm/T; V2(1)=H2(1)*R2; R1=1/(T*Y(1));

B(1)=1/(T*T); B(2)=-(exp(-D*T))/(T*T); U(1)=R1*E(1)

for M=2:N

L=M-1; K=M; S=0; S1=0; S2=0

```
for I=1:L
    S=S+U(I)*Y(K); S1=S1+V1(I)*Q(K)/Q(1); S2=S2+V2(I)*Q(K)/Q(1);
K=K-1
end
U(M)=E(M)*R1-S/Y(1); V1(M)=H1(M)*R2-S1; V2(M)=H2(M)*R2-S2
end
for M=2:N
    K=M-1; S3=0; S4=0; S5=0; S6=0; U1(0)=0;
for L=1:M
    S6=S6+V1(L)*U1(K); S5=S5+V2(L)*U1(K); S3=S3+B(K)*W(L);
    S4=S4+(E1(L)-U1(L))*H(K); K=K-1
end
I0(M)=T*S4; I1(M)=T*S6; U2(M)=T*S5;
U1(M)=T*S3; IM(M)=I0(M)-I1(M);
W(M)=0.8+A1*IM(M)+A2*IM(M)^2+A3*IM(M)^3+A4*IM(M)^4
end
plot (U(1,1:300)); (I0(1,1:300)); (I1(1,1:300)); (IM(1,1:300))
plot (U1(1,1:300)); (W(1,1:300)); (U2(1,1:300))
```

16. ЭЦЖ ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫНЫН ИЗОЛЙАСИЙАСЫ

16 1.1. Трансформаторлар вя автотрансформаторлар

Мцхтялиф номинал эярэинликлярдя олан електрик шябьяклярини бирляшдирмяк ццн йцксялдижи вя йа алчалдыжы трансформаторлар истифадя едилир. Онлар бир вя цч фазлы, ики вя йа цч долаглы щазырланьрлар.

Цч фазлы трансформаторлар ейни эярэинликли цч ядыд тьк фазлы трансформаторлар групундан даща ужудурлар. Онларын истисмары да асан вя ужуд баша эялир. Бу сябьялярдящазырма цч фазлы трансформаторлар даща чох истещсал едилир. Лакин бир сыра щалларда трансформаторларын эцж вя эярэинлийинин бюйцк олмасы сябьяби иля, онларын габарит юлцц вя чьякиляри чох артдыьындан, дашыма вя монтаь проблемляри йараньр. Беля щалларда трансформаторлар 3 ядыд тьк фазлы группар щякилиндя щазырланьрлар.

Ики синиф икинжи тяряф эярэинлийи тяляб олунан щалларда, цч долаглы трансформаторлар истифадя едилир. Мясялян, йарымстансийаларда шинлярдящазырма б(10)-35 кВ эярэинлик чыхарьлмасы

лазым эялдикдя, 110/35/6 вя йа 220/35/10 кВ эярэиликли, цч долаглы эцж трансформаторлары истифадя едилмялидир.

150-500 кВ эярэинликли шыбьякялярдя щазырда автотрансформаторлар эениш тятбиг едилер. Онлар трансформаторлара нисбятян даща цстцн техники-игтисади эюстярижиляря маликдирляр. Материал сярфийяты, гиймятляри, юлчц вя чякиляри аздыр. Долагларда мис иткляри вя ичликдя полад иткляри дя ашааы олур. Автотрансформаторлар адятян, цч фазлы щазырланырлар шяк.16.1.1. 500 кВ вя 500 МВА-дан буюкк эцжя малик олан автотрансформаторлар ися, 3 яяд айры бакларда монтаъ едилмиш тья фазлы трансформатор группарындан ибарят олурлар.

Автотрансформаторлар йалныз нейтралы бир баша йерля гапанмыш шыбьякялярдя истифадя едилрляр. Она эюря бунлар 35 кВ-а гядяр ишлядилмирляр. Чцнки яски Советлярдя 35 кВ-а гядяр шыбьякяляр нейтралы изоля едилмиш реъимлярдя ишлядилдирдиляр. Щазырда да бу гурулушда олан шыбьякяляр Азярбайжанда буюкк яксярийят тяшкил едилрляр. Она эюря 6-35 кВ шыбьякяляр ццн бунун йериня, ялавя долаглары олан автотрансформаторлар тятбиг едилер. Беля цч фазлы вя йа цч яяд тья фазлы группда олан автотрансформаторларда ясас долаглар - орта нюгтяси торпагланмыш улдуз бирляшмяси шыкилиндя олур. Ялавя долаглар ися цчбужаг шыкилиндя бирляшдирилир.

Трансформатор вя автотрансформаторлар шыбьякянин мцхтялиф мянтыгяляриндя бирляширляр. Бу мянтыгялярдя эярэинлик реъимляри йерли шыраитдян асылы олагаг даяишир. Эярэинлийин даяишмяси мянбядян олан узаглыа вя йцклярин (ишлядиджиларин) даяишмяисня эюря олур. Бу шяртляр ися яввялжядян мялум олмур. Онлар йалныз истисмар просесиндя мейдана чыхыр. Она эюря трансформаторлар вя автотрансформаторлар тянзимляйижи долагларла (будаглы) тяжщиз олунурлар. *ИАТ* - йцк алтында тянзимлямя гурьусу иля, тянзимляйижи долагларла трансформасийа ямсалыны даяишдириб эярэинлийи даща чох:- $\pm 20\%$ -я гядяр артырыб азалтмаг олур.

16.1.2. Эцж трансформаторларынын изолясийа элементляри

Трансформатор долагларынын ян садя схеми ики гатлы вя йа чох гатлы цилиндр конструкторийа шыкилиндя олур. Долаг каъыз бакелит цилиндр цзяриня спиралвари гайдада сарыныр. Долагларынын ян эениш йайылмыш гурулушу, късилмяз сарьажлардан ибарят оланлардыр. Трансформатор изолясийасы, гурулушу вя ящямийятиня эюря бир сыра щиссялярдян вя элементлярдян ибарят олан там вя бцтюв изолясийа системидир. Ишлямя хцсусийятиня эюря трансформаторлар

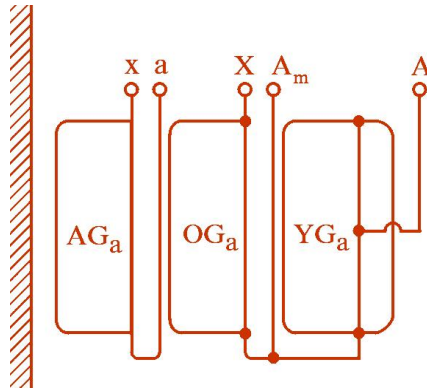
ики нюв изолясийайа – *дахили вя харижи* изолясийайа маликдир. Харижи изолясийа трансформатор цзяриндяки кечид изоляторларынын фарфор эювдяляринин йцксяклийи бойу ону бцрцйян щава аралыгларындан ибарятдир. Трансформаторун харижи изолясийасы да дизяр електрик аппаратларынын изолясийасына (дайаг вя кечид изоляторларына) охшар олагаг сечилир, гуру вя тямиз, чиркли вя нямли атмосфер шяраитляриня эюря щесабланыр.

Дахили изолясийайа трансформаторларын *сарьяж вя сарьы изолясийалары*, *эиримлярин вя дизяр парчаларын йаь ичярисиня йерляшдирилмиш изолясийа* щиссяляри аиддир. *Долаг изолясийалары ениня вя узунуна изолясийалара* бюлцнцр. Електрик сашясиня нязрян ениня (гцввя хятляриня перпендикуляр шякилдя) йерляшдирилмиш, долаглар арасы изолясийа *ясас изолясийа* адланыр. Ясас изолясийайа щям дя, долагла магнит ичлик арасында, долагла трансформаторун дямир эювдяси арасында олан изолясийалар да аиддир. Узунуна изолясийайа сарьяж мяфтилляринин изолясийасы, ики сарьяж арасы гат изолясийасы, чыхышлара баьланан кечирижи нагиллярин изолясийасы аиддир.

Ясас изолясийайа $C_{йз-оз}$ – йцксяк эярэинлик долаьыйла орта эярэинлик арасында, $C_{оз-аз}$ – орта эярэинлик долаьы иля ашаьы эярэинлик долаьы арасындакы изолясийа вя $C_{фа-фб}$ – фазлар арасы изолясийа мясафяляриндян ибарятдир.

Гурулушуна эюря эцж трансформаторларынын ясас изолясийасы електрик сашясинин гцввя хятляриня перпендикуляр истигамятдя бир-бириня нязрян ардыжыл дцццлмщш электрокартон аралыглардан ибарятдир. Онлар юз араларында йаь каналларындан тяшкил олунан йаь-барьер изолясийасы йарадырлар. Бюйцк изолясийа мясафясинин барьерляр иля кичик аралыглары бюлцнмяси вя бу аралыгларын йаьла долдурулмасы изолясийанын бцтцвцлцкдя електрик мящкямлийини вя истилик ютцрмя габилыйятини артырыр. Барьерляр електрик гцввя хятляриня перпендикуляр йерляшдирилдикдя електрик мящкямлийинин артым еффецти даща чох олур. Трансформаторлар щесабланыб лайищя едилдикдя, жярйян кечирян вя торпагланмыш щиссяляря еля формалар верилир ки, електрик сашясинин гейри-биржинслилийи азалсын вя онларын йахынлыьындакы изолясийа гатларында садя еквипотенциал сятщляр алынсын.

Шякил 16.1.1 – дя цц долаглы автотрансформаторларын гурулушунун ясасыны тяшкил едян актив щисся : - долагларын эириш вя чыхышларынын електрик схеми верилмишдир.



Шяк.16.1.1. Автотрансформатор долагларынын електрик бирляшмя схеми

Долагларын кцнжляриня йахын йерлярдя кцнж щялгяляри гоулуур. Онлар бошалма йолуну артырараг, трансформатор долаьынын алт вя цст чевряляри йахынлыьында електрик мющкямлийини артырыр.

Изолясийа араларында бурахылан миллир вя кцнж щялгяляри електрокартон вя каьыздан тюкмя цсулу иля щазырланыр.

Долаглар ися кянарлары щамар, дцз дюрдбужаглы кясийя малик олан каьыз изолясийалы сарьы мяфтилляриндян щазырланыр. Долаг мяфтилляринин ен кясийи трансформаторун эщжц вя жряйянына эюрятяйин едилир. Онларын цзяриня чякилмищ изолясийа, ашаьы эярэинлик долаглары цццн щяр ики тяряфя $0,45 \div 0,95$ мм, йцксяк эярэинлик долаглары цццн ися $0,95 \div 3,6$ мм галынлыьында олур.

110 кВ вя йцксяк эярэинликли трансформаторларынын долаглары спирал щякилли сарынмыш, бир нечя мяфтиллярдян ибарят сарьажлардан тящкил олунур.

Йаь каналлары изолясийянын бир тяркиби кими, ейни заманда истилик ютцрцлмясиня хидмят едир. Трансформатор долагларынын баш щиссяси йахынлыьында монтаь едилмищ ян актив щиссяляр (магнит ичлик, долаглар, чыхыша эедян шахялянмищ мяфтиллярин ятрафы вя диэяр кюмякчи элементляр) йаь мцщитиндя йерляшир. Йаьлар изоляедижи вя соьудужу васитя кими истифадя едилирляр.

Трансформатор изолясийясынын истещсал технолоэийасы, онун $110 \div 120$ $^{\circ}Ж$ температурда вя $0,01$ кПа вакуум щяраитиндя гурудулмасыны тяляб едир. Бу заман трансформаторун изоля едилмищ долаьыны (актив ичлийи) галыг тязийги $100 \div 10$ Па олан гурудужу шкафлара йыьырлар. Номинал эярэинликляри йцксяк олан трансформаторлар цццн гурудулма реьиминдя галыг тязийг 10 Па

сечилир. Гурудулма просеси битдикдян сонра вакуумда сахланмаг шярти иля истилик $80\div 85^{\circ}\text{Ж}$ -йя гядяр азалдылыр вя шкафа газсызлашдырылмыш гуру трансформатор йабы долдурулур. Бу йолла йабын електрик мюшкямлийи $200\div 280\text{ кВ/см}$ гиймятляриня чатдырылыр. Юлчмяляр заманы, майе изолясийаны сынаг етмяк ццн олан стандарт электродлар арасында ($\text{Ø}36\text{мм}$ вя $C=2,5\text{мм}$) алынан дешилмя эярэинликляри $50\text{ кВ/}2,5\text{ мм}$ вя $70\text{ кВ/}2,5\text{ мм}$ гиймятляриндя олмалыдыр. 200 кВ/ см електрик мюшкямлийи олан йабылар 110 кВ-луг трансформаторларда, 280кВ/см електрик мюшкямлийи олан йабылар ися 110 кВ вя даща йцксяк эярэинликли трансформаторларда истифадя едилир. $6(10)\text{ кВ}$ эярэинликли трансформаторларда сынаглар заманы йабын дешилмя эярэинлийи $18\text{--}25\text{ кВ/мм}$ арасында ола бияр. Трансформатор йабыны бир изолясийа майеси кими характеризя едян ясас эюстярижиляр онларын електрик мюшкямлийи вя диелектрик иткяляридир. Йаь трансформаторларда йцксяк температур шярэитиндя ишлядийиндя, бу щалда шлам (чюкцнтц), туршулулуг, конденсасийа суйу вя с. кими маддяляр ямяля эялир. Шлам трансформаторун дахилиндя долаг вя изолясийа цяриня чюкярк истилик ютцрмяни чятинляшдирир, електрик изолясийасыны позур вя гязалара сябяб олур. Туршулар метал щиссялярин коррозийасына вя бярк изолясийанын дабылмасына сябяб олур. Йабын тяркибиня конденсасийа йолу иля дахил олан су, онун електрик мюшкямлийини азалдыр. Йабын тяркибиндя олан суйун кичик бир мигдары да (мясяян $0,03\%$ -и) йабын електрик мюшкямлийини кяскин олага азалдыр. Трансформатор йабыларынын ясас кейфийят эюстярижиляри ашабыдакылардыр:

- а) оксидляшмяйя гаршы давамлылыг;
- б) нямлийин олмамасы;
- в) механики гарышыгларын олмамасы;
- г) донма температурасынын ашабы олмасы

Дяйишян електрик сашсяиндя енерьи иткяляри, гисмян трансформатор йабынын диелектрик иткялярини характеризя едир. Беяликля, йабын кимйяви вя електрик сынаглары онун вязийятини гиймятляндирмяйя имкан верир баш верян насазлыглары ашкар едир. Лакин бу йолла зядяляр хейли артдыгдан сонра ашкар олунур. Она эюря кечян сынагларын нятижяляри гянаятбяхш олса да, нювбяти профилактик сынагларын мцддяти чатмамышдан аваданлыбын сырадан чыхмасы баш верир. Йаь долдурулан апаратларда изолясийанын кющнлямяси ашабы сцрятля кечир. Она эюря йаьда олан гусурлар вахтында ашкар едилдикдя буюцк дабынтынын гаршысыны алмаг мцмкцн олур.

Йаъла щопдурулма технологийасына эюря, актив щиссяляр 3-5 саат мцддятиндя вакуум шыраитиндя сахланылыр, сонра йабы бошалдараг, йеня 2 саат вакуумда сахланылыр. Актив щиссяни трансформатор бакында йерляшдирмяздян яввял, онун ачыг щавада галма мцддяти 24 саатдан чох олмамалыдыр. Актив ичлийи трансформатор бакынын ичярисиня монтаж едяряк, чыхышлары бирляшдирир, цст гапабыны баълайырлар. Бундан сонра трансформатор бакына йаъ долдурулур. 110 кВ - а гядяр трансформаторун йаъла долудурулмасы вакуумсуз, 150 кВ - дан йцксяк эярэинлик трансформаторларынын йаъла долдурулмасы вакуум шыраитиндя апарылыр.

16.1.3. Гыса мцддятли електрик мюцкямлийи

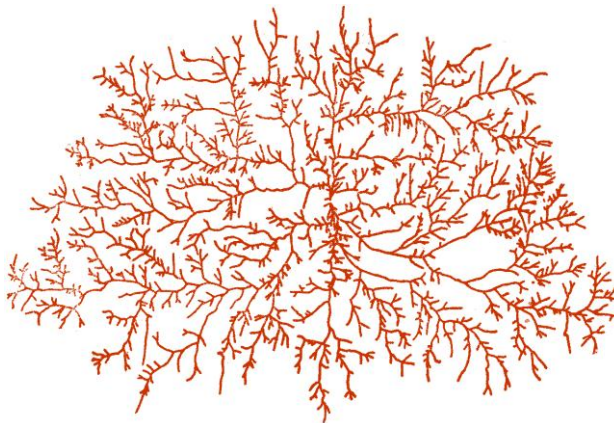
Йаъ вя електрокартон гатларындан тяшкил олунмуш изолясийада електрик эярэинлийи иля чох йцклянмиш саяъ долаъа йахын олан биринжи йаъ аралыбыдыр. Эярэинлийин тясир мцддятиндя асылыл олага, сянайе тезликли дахили ифрат эярэинликлярдя вя йа импульс эярэинликляриндя йаъ-барйер изолясийасында гыса мцддятили електрик мюцкямлийи мейдана чыхыр. Бярабяр електрик саяъсиндя йаъ вя барйердя електрик саяъ эярэинликляри ашабыдакы нисбятлярдя пайланыр:

$$E_{\dot{u}ab} / E_{bar} = \varepsilon_{bar} / \varepsilon_{yab} \quad (16.1.1)$$

бурада, $\varepsilon_{bar}=4,2$; $\varepsilon_{\dot{u}ab}=2,2$ кими гябул едилдикдя, $E_{yag} / E_{bar} = 1,8$ олур. Йабын електрик мюцкямлийи, щопдурулмуш кабызын електрик мюцкямлийиндя 3 - 4 дяфя кичикдир. Она эюря йаъ-барйер изолясийасынын електрик мюцкямлийинин позулмасы зяиф йердян-хцсуси иля дя биринжи йаъ аралыбындан башлайыр.

Йаъ каналы дешилдикдя орадан кечян жярйан, барйерин саълам йериня чатдыгда буюцк мцгавмятля растлашыр вя дешилмя каналы кясилир. Беля дешилмя гисми бошалма адланыр. Бу бошалмада мейдана чыхан електрик йцкляри ($10^{-7} \div 10^{-6}$) Кл олдугда, бу нормал ишчи гисми боашлмада алынан йцклярдя 1000 дяфя чох олур. Йабын дешилмяси заманы айрылан енеръи вя истиликля бабы бярк изолясийада електрик мюцкямлийини азалдан дефектляр мейдана чыхыр. Бу дефектляр гисми бошалма мцддяти вя интенсивлийи артдыгжа артырлар. Заман кечдикжя бу дефектляр инкишаф едяряк, кабыз гатынын дяринлийиня вя изолясийанын сятциня йайылыр вя онларын кюмцрляшмиш изляри галыр. Бу изляря '*дендритляр*' дейишлir. Изолясийабынын истисмары вя

сынаглары заманы бу шякилдя дефектляр артыр. Она эюря йаь-барйер изолясийасынын гыса мцддяти електрик мюцкямлийи ясасян, йаь каналынын дешилмя эярэинлийиня аиддир. Бу эярэинлик йаь-барйер изолясийасынын мюцкямлийини тьяин едир. Електрик сащясиня паралел вя канал истигамятиндя олан сащя гейри-бярэбрдир.



Шяк. 16.1.2. Бярк изолясийанын сятциндя бошалма изляри – дендридляр

Долаг сарьыларынын сятциндяки максимал електрик сащя эярэинлийи, йаь каналынын ортасында олан $E_{CЭ}$ -дян буюцкдир:

$$E_{\max d.s} = (1,2 \div 1,5)E_{yaykamorta} \quad (16.1.2)$$

Трансформатор вя реакторларын долаг сарьылары сятци емал лакла изолясийа едилмиш вя бунун цстцндян ялавя олагаг щопдурулмуш каьыз сарьы изолясийасына малик нагиллярдян ибарятдир. Башга сюзля йцксяк эярэинликли трансформаторун ичярисиндя йаьла бир баша тямас едян чылпаг кечирижи олмур. Сарьы заманы долаг ужларында ити чыхынтыларын олмамасы да важибдир. Лакин щяр-щалда йаь каналынын дешилмяси, сарьыларын кцнжцндя олан нагилин сятциндян башлайыр. Барйерляр арасы йаь каналларынын електрик мюцкямли биринжи йаь каналынын електрик мюцкямлийиндян 1,5 дяфя буюцк олур. Йцксяк эярэинлик трансформаторларында йаь каналынын електрик мюцкямлийи ЙЭ сарьысынын кцнжцндян изолясийа барйериня гядяр эедян гцввя хятти цзря мейдана чыхан орта сащя эярэинлийиндян асылыдыр. Електрик сащя эярэинлийинин бу гиймятляри, долаьа йаьын *бж* мясафясиндя

електрик саясы ццн йазылмыш ашабыдакы формулалардан щесаблана билир:

$$E_{yаьkаr} = \frac{1}{l_{\partial l}} \int_B^C E_{yаь} dl \quad (16.1.3)$$

бурада $l_{\partial l}$ – сечилимш гцввя хяттинин бойу; $E_{yаь}$ – гцввя хяттинин айры-айры нюгтяляриндя йаь каналынын електрик сая эярэинликляридир.

Илк йахынлашмада електрик сая эярэинлийнин пайланмасы мялум олмадыы шалда, йаь каналынын електрик мюцкямлийи долабын ортасында олан сая эярэинлийиня эюря щесабланыр. Бу заман долаг сарыларынын сятциндяки гейрищамарлыг нязрядян атылыр. Башга сюзля, долаглар ич-ичя олан коаксиал цилиндрик сятц кими гябул едилир. Бу цсулла щесабланмыш йаь каналынын електрик мюцкямлийи долабын щцндирлцц бойу елетрик саясинин пайланмасынын тясири иля йенидян дягигляшдирилир. Долаг эквипотенсиаллы электрод кими эютцрцляряк йаь каналында радиус цзря орта сая эярэинлийи вя щямин каналдакы эярэинлик дцщэцц – $\Delta U_{yаь}$, щесабланыр. Тятбиг олунан эярэинлийя (сянайе вя йа илдырым импульсу шяклиндя) эюря йаь каналлары вя диэар изолясийа гатларында эярэинлик дцщэцляри гатларын тутумларына тярс мцтянасиб олагаг тйин едилир:

$$\Delta U_{yаь} = U \frac{1/C_{yаь}}{\sum_{i=1}^n 1/C_i} \quad (16.1.4)$$

бурада U –долабын орта щиссясиндя йаь-барйер изолясийасына дцщян–«тятбиг олунан» эярэинликдир, $J_{yаь}$ – долабын ващид узунлуьуна дцщян йаь каналынын тутумудур, J_u – биринжи йаь каналы иля ардыжыл олан диэар йаь каналлары вя барйерлярин тутумларыдыр; n – изолясийа гатларынын жямидир.

(16.1.4.) формуласына дахил олан тутумлар ашабыдакы кими щесабланыр.

$$C_{yаь} = \frac{2\pi\epsilon_{yаь}}{\ln r_1/r_0}, \quad C_0 = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_i}{\ln r_i/r_{i-1}} \quad (16.1.5)$$

p_0 – дахили долабын харижи радиусу, p_u – u гатларынын харижи радиуслары, ϵ_{yab} – йабын диелектрики нцфузлулуглары кими гябул едилдикдя,

Биринжи йаь каналынын ортасында, радиус цзря $ECЭ$ цццн ашаьыдакы фомуланы йазмаг олар:

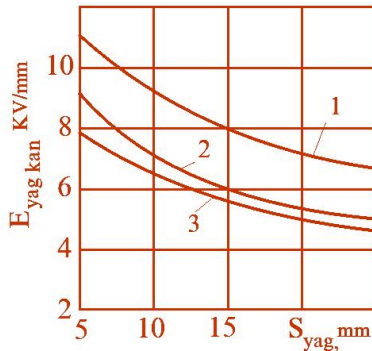
$$E_{yafkr} = \frac{\Delta U_{yaf}}{r_{or1} \cdot \ln \frac{r_1}{r_0}} \quad (16.1.6)$$

бурада p_{op1} – биринжи йаь каналынын ортасы цццн радиусдур. (16.1.4) вя (16.1.6) формулларыны бирликдя щялл етдикдя йаь каналында $ECЭ$ -йи цццн ашаьыдакы цмуми ифадяни алмаг олар:

$$E_{yabkr} = \frac{U}{r_{or1} \epsilon_{yab} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\epsilon_i} \ln \frac{r_i}{r_{i-1}}} \quad (16.1.7)$$

Физики моделлярдя йаь-барьер изолясийасынын сынаглары заманы йаь каналынын дешилмяси, гисми бошалма акустикасы вя йа дешилмя анында мейдана чыхан ултрасяс рягслянмялярини гейд едян жищазларла тяйин едилир.

Йаь каналынын електрик мюцкямлийи онун галынлыьы кичилдикжя артыр. Щякил 16.1.3-дя дешилмя $ECЭ$ -нин йаь каналынын галынлыгларындан асылылыглары верилмищдир. Графиклярдя верилмищ $ECЭ$ -ри, бир дягигялик сянайе тезликли эярэинликлярля апарылан сынагларда алынмышдыр. Дешилмядя $ECЭ$ -йи (16.1.3) интегралы вя йа йаь каналынын ортасы цццн олан (16.1.6) формуласы иля щесабланыр.



Щяк. 16.1.3. Йаь каналынын електрик мюцкямлийи. 1 – орта, 2 – минимал вя

3 – бурахыла билян електрик саця эярэинликляринин ййриляри

Йаь каналына тясир едян бцтцн эярэинликляр цццн, каналын дешилмя эярэинлийинин онун галынлыьындан олан асылылыьы ашаьыдакы кими йазылыр:

$$E_{\text{уаь.кан.деи}} = AS_{\text{уагкан}}^{-0,37} \quad (16.1.8)$$

бурада йаь каналынын ени см-ля, алынан ЕСЭ-йя ися кВ/мм-ля эюстярилдикдя, A ямсалларынын гиймтяляри мцхтялиф сынаг эярэилникляри цццн ашаьыдакы кими олажагдыр: бир саатлыг 50Щз тезликли эярэинликдя 7,5; бир дягигялик сянайе тезликли эярэилник цццн 9,2; коммутасийа импульс эярэинлийи цццн 16; атмосфер импульс эярэинлийи цццн 23-дцр. 0,05 ештимальы дешилмядя минималь ЕСЭ-ри цццн A ямсаллары уйьун олагаг 6,5; 7,2; 13,8 вя 20 гиймтялярини алыр.

Импульс эярэинлик тясир етдикдя електрик мюцкямлийи импульс ямсалы иля щесаблинараг нязря алынмалыдыр:

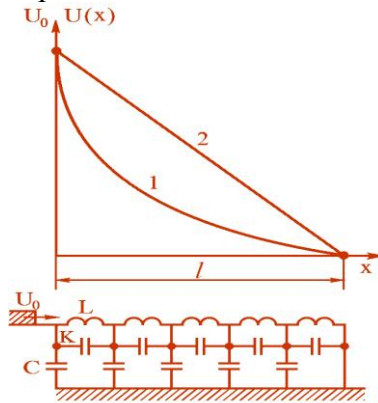
$$k_{\text{imp}} = \frac{U_{\text{деиimp}}}{\sqrt{2}U_{\text{деи50Щздяг}}} \quad (16.1.9)$$

бурада $U_{\text{деиimp}}$ – импульс эярэинлик тясир иля дешилмя эярэинлийидир, $\sqrt{2} U_{\text{деи50Щздяг}}$ – сянайе тезликли 1 дягигялик дешилмя эярэинлийинин амплитуд гиймтядир. k_{imp} – ямсалы импульсун нювц, онун мцддяти вя изолйасийа конструкторийасындан асылы олур. A ямсалынын йухарыда верилмиш гиймтяляриндя айдын олур ки, коммутасийа импульслары цццн $k_{\text{импидкан}}=1,35$; там илдырым импульсу цццн $k_{\text{имп}}=2$ олажагдыр.

16.1.4. Трансформатор долагларынын узунуна изолйасийасы

Трансформаторларын узунуна изолйасийасына сарьылар вя сарьажлар арасы, ейни бир долаьын гатлар арасы изолйасийасына ишчи реьимлярдя чох да буюцк эярэинлик дцщмцр. Мясялян, ишчи реьимлярдя ики гоншу сарьылар арасына 30÷50 В эярэинлик дцщцр. Узунуна изолйасийада ян буюцк эярэинлик дик жябщяли импульс тясирляриндя олур. Щяк. 16.1.4-дя трансформатор долаьында, импульс дальасынын тясир иля мейдана чыхан електромагнит просеслярини анализ едян явяз схеми эюстярилмищдир. Эюрцндцйц кими, явяз схеминдя сарьылар арасы вя эювдяйя нязряян тьяин олунмуш мяхсуси индуктивлик - L вя K (узунуна) вя J (ениня) тутумлар иштирак едирляр.

Дик жябщяли импульслар тясир етдикдя, долабын индуктивлийи чох буйцк мцгавимят йарадыр.



Шяк. 16.1.4. Илдырым импульсу ифрат эярэинлик дальасынын тясире ццн щесабат явз схеми. 1 – башланьыж эярэинлик; 2 – сон эярэинлик пайланмасы; L – индуктивлик; K – долаьынващид узунлукунун йере нязярян тутуму; C – сарьылар вя сарьяжлар арасы узунуна тутум

Она эюря, импульс тятбиг едилян илк анларда жяряйан, тутум дьврясинин даща кичик олан мцгавимятляриндя ахажагдыр. Шяк. 16.1.4-дя импульс тятбиг едилдийи илк анлар ццн долаьын тутум элементляриндя ибарят олан електрик явз схеми верилмишдир. Схемдян эюрцндцйц кими, долаьын узунлуку бойу ахан жяряйанлар ейни дейилдир (шяк. 16.1.4-дя охларла эюстярилмишдир). Долаьын яввялиндян сонуна этдикжя еиния (K -дян) вя узунуна (L -дан) кечян тутум жяряйанлары азалыр.

Долаг импульс эярэинликляр ццн пайланмыш параметрли систем олдуьундан орада жяряйан вя эярэинлик щям замана щям мясафяйя эюря дйишир [52]. Долаьын узунлукуну, онун оху истигамятиндя яввялиндян сонуна ишарялясяк, сабит импульс тясире иля жяряйан вя эярэтнлийин заман вя мясафяйя эюря дйишмяси мцшашидя едилир. Сыфыр башланьыж шяртиндя щямин дйишмя ашаьыдакы ифадя иля йазылыр:

$$\frac{d^2U}{dx^2} = \alpha^2 U \quad (16.1.11)$$

бурада $\alpha = \sqrt{LKn^2 / (1 + LKn^2)}$ – йайылма ямсалыдыр. (16.1.11) тянлийини долагларын сону гыса гапанмыш вя ачыг олан щаллар ццн, щялл едяряк ашаьыдакы ифадяляри алмаг олар:

$$- \text{гыса гапанмыш щалда, } U = U_0 \frac{\text{sh}\alpha(\ell - x)}{\text{sh}\alpha\ell} \quad (16.1.12)$$

$$\text{сону ачыг олан шалда, } U = U_0 \frac{ch\alpha(\ell - x)}{ch\alpha\ell} \quad (16.1.13)$$

бурада $\alpha \cdot \ell = \sqrt{L/C}$ -кямиййати трансформатор долагларынын хцуси параметри олуб, ээрэинлик вя жэряйан дальаларынын долаг бойу йайылмасында характеристик дэийишмяляри тэийин едир. Мцхтялиф формалы долаглары олан трансформаторлар цццн ал параметри 5-30 арасында дэийишир. Орталама - ал ≈ 10 эютцрцдэряся, сону гыса гапанмыш вя изоля едилмиш долагларын башланьыжларында жщал вя сщал практики олагаг ейни гиймятляря малик олурлар. Долагларын сону изоля едилмиш (ачыг) шалда олдугда, $U_0 / \text{жщал}$ - кичик бир потенсиала чатыр (16.1.13).

$t=0$ анында долабын башланьыжында мейдана чыхан максимал градиент долаг сонундакы реьимдян асылы олмайараг ашаьыдакы кими тэийин едилир:

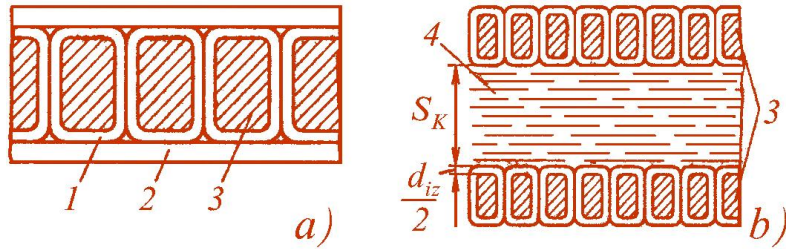
$$\left(- \frac{dU}{dx} \right)_{x=0} = U_0 \alpha = \frac{U_0}{\ell} \cdot \alpha \ell \quad (16.1.14)$$

U_0/ℓ – ифадэси бярабяр пайланма олдубундан максимал градиент, нормал (бярабяр) градиент пайланмасындан 10 дэфя буюцк олдубу эюрцнцр. Яэяр, нормал реьимдя сарьаж верилмиш ээрэинлийин 3%-ня малик оларса, ани олагаг сабит ээрэинлийя гошулдугда сарьажын ээрэинлийи 30%-я чатыр. Сарьынын ээрэинлийи ися, сарьажда ээрэинлийин гейри бярабяр пайланмасы сябябиндян $0.3U_0/W$ –дян бир нячя дэфя буюцк олур:- W сарьажын сарьылар сайыдыр.

16.1.5. Узунуна изолясийанын електрик мюцкямлийи

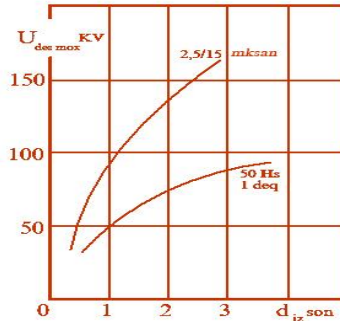
Йцксяк ээрэинликли трансформатор долагларынын ичэрисиндя узунуна йерляшдирилмиш сарьыларын вя сарьажларынын изолясийалары шяк. 16.1.5 -дя эюстярилмишдир.

Сарьы изолясийасы бир сарьажын гоншу олан ики нагили арасында, сарьаж изолясийасы ися ики гоншу сарьажлар арасындакы йаь каналы иля айрылмыш изолясийасыдыр.



Шяк.16.1.5. Эцж трансформаторларынын узунуна изолясийалары
а) сарьы вя сарьаж изолясийалары, б) гоншу сарьажлар арасы
изолясийа, 1 – сарьы изолясийасы, 2 – сарьаж изолясийасы, 3 – сарьы
нагили, 4 – йаь каналы (аксиал канал S_K); $d_{из}$ – бярк изолясийанын
галынлыьы, гоншу сарьылар арасында щяр ики тяряфя $d_{из}/2$ гядяр дцщир

Сарьы изолясийасы кабел каьызынын нагил цзяриндя бир-
бирини юртян гайдада сарынмасы иля йаьда щопдурулмуш изолясийа
гатындан тяшкил олунур. Сарьы изолясийасынын гыса мцддяти
електрик мюцкямлийинин онун галынлыьындан характерик асылылыьы
щякил 16.1.6-дя верилмищдир.



Шяк. 16.1.6. Импульс дешилмя эярэинлийинин сарьы изолясийасынын
галынлыьындан асылылыглары $U_{деш.макс}$ (амплитуд гиймят)

16.2.1. Transformator izolyasiyasında qismi boşalmaların yarandıđı sahələr

Güc transformatorlarının ESG-in lokal artımları fərqli yerlərdə müşahidə edilir. Bu səbəbdən meydana çıxan boşalmaların intensivliyi, və elektrik yükü də yerindən asılı olaraq dəyişir. Yağ kanalında tac şəklində yaranan qismi boşalmalar QB, yağ baryer izolyasiyasında olan qismi boşalmalardan az təhlükəlidir. Yağ baryer izolyasiyasında işçi və ya ifrat gərginliklər təsirlə yaranan QB-lar bərk izolyasiyada çevrilməz dəyişikliklərə gətirir, onların sıradan çıxmasına səbəb olur. Bundan başqa dolaqların uzunluğu boyu elektrik dalğasının sönməsi ilə, ayrı-ayrı məsafələrdə eynü

интенсивлики QB-ин olması, müxtəlif yüklərə malik olan QB-i qeyd olunur. Belə hadisələr, müxtəlif təsirlərdən QB-ин təhlükəli qiymətlərinin aşkar edilməsini çətinləşdirir.

Yağ kanalının deşilməsi yağ baryer izolyasiyasında baş verən qövş boşalmalarına ekvivalentdir. Güc transformatorlarında QB-ин aşağıdakı növləri vardır: 1) izolə edilmiş naqilin elektrokarton və ya kağızla təmasda olan naqilin elektrokarton və ya kağızla toxunan yerlərində QB, yağ aralığının deşilməsi (biləşdirici çatmaların izolyasiyası, sarğac aralıqları və s.-dir); 2) çıxışlar və yan birləşmələrin yağ kağız izolyasiyasında QB; 3) sarğı naqilinin izolyasiya QB; 4) elektrokartonun səthində yaranan sürüşən boşalma; 5) çıxış yerlərində, girimlərin yağ aralıqlarında və bu kimi elementlərdə baş verən tac boşalmaları.

Жарыян кечирян щиссялярдя изолясийа элементляринин тохундуьу йаьын нцфуз етдийи эиринтилярдя ЕСЭ-нин сятщ бойу олан гиймятляри артыр. Бу щалда изолясийа элементляринин (кабыз вя картон) бири-бириндян араландыьы мясафялярдя йаь гатынын дешилмяси сцрщян характерли олур вя изолясийанын сятщи бойу даща чох артыр.

Долагларын кянарларында тутум щялгяляриня йаьын мясафялярдя ЕСЭ-йи артыр. Щякил 16.1.5-дя долагларын йан тяряфляриндя електрик сащясинин характерик эюрцнщщ верилмищдир. Йцксяк эярэинлик трансформаторларында тутум щялгяляринин йаьынлыьында ЕСЭ-нин азалдылмасы мягсяди иля, онларын кянарлары 80-100 мм радиусу иля даиряляндириллр. Бу щалда тутум щялгяляринин йаьынлыьында максимал ЕСЭ – $E_{max}=(1,2\div 1,5)E_{йаькан}$. E_{max} -н тягриби гиймятляри ися, кянары даиряляндирилмищ электродла мцстяви электрод арасындакы електрик сащясинин щесаблинмасына уйьун апарылыр (щяк. 2.1.14).

Тутум щялгясинин сятщиндя гисми бошалмаларын мейдана чыхмасы $E_{max}=E_0$ эярэинлийинин критик гиймятиндя ола биляр. Она эюря орта сащя эярэинлийи цццн $E_{эб}=U_{эб}/\delta$ олдугда гисми бошалма инкишаф едирся, гисми бошалмада сащя интенсивлийи δ вя p -дя асылы олараг ашаьыдакы кими йазылыр:

$$E_{gb} = E_0 \sqrt[3]{\frac{r}{d+r}} \quad (16.1.16)$$

(16.1.15) формуласындан эюрцнцр ки, p сабит олдугда δ артарса, гисми бошалма сащя эярэинлийи $E_{эб}$ кичилир.

220-750 кВ эярэинликли трансформаторларын сынаглары эюстярир ки, дефектляри олмайан изолясийада сынаглар заманы йаранан $5 \cdot 10^{-10}$ Кл електрик йцкцня малик олан гисми бошалмалар ищчи эярэинликлярдя тамамиля кясиллр. Даща буюцк йцкц олан гисми бошалмаларын сьабьби ися, трансформатор изолясийасындакы конструктив вя технолоьи

гцсурлардыр. Мясялян, изолясийасынын гурудулма вя йаьла щопдурулма просеси, гурудулмуш вя щопдурулмуш актив щиссянин ики эцндын чох ачыг щавада галмасы, йаь долдурулдуьу заман вакуумун лазыми сьавиййядя олмамасы, изолясийайа йад щиссяжиклярин дцщмяси вя с. кими гусурлар ола бияяр. Беля дефектляря щям дя, кечирижилярин кьанарларынын даирьяндирилмямяси вя электродларын бярк диелектрикля сых контактда олмамасы аиддир. Трансформаторлардакы дефектляр, онларын эиримляриндя баш верян тажланмадан арта бияяр. Технолоьи дефектляр ися эиримляря экранлар монтаж едилдикдян сонра мейдана чыхыр. Изолясийа саьлам оларса, трансформаторларда гисми бошалмала-рын сьавиййяси йцксяк эярэинликли сынаглардан сонра да дьийишмяз галыр.

Изолясийадакы дефектляря баьлы, ГБ-да електрик йцкляри вя жьарьян, эярэинлийин азалдылмасы иля артар. Эярэинлийин ейни гиймятляря артырылмасы щалында бу артым дьарьяжяси кичилир. Нятижядя щистерезис илэяйиня охшар бир асылылыг алыныр. Сынаг эярэинлийи сьавиййясиндя олан эярэинлик тьасириндян сонра ися бьуйцк интенсивликли гисми бошалмайа сьябь олан эярэинликляр азалыр. Беля електрофизики просесляр эцж трансформаторларынын сынаглары нятижясиндя, онун изолясийасында чеврилмяз дьийишкликляря сьябь олур.

16.2.2. İzolyasiyada qismi boşalmaların intensivliyi qaz ayrılmaları və deşilmələr

Yağ baryer izolyasiyası üçün QB və izolyasiyanın sıradan çıxmasının kəmiyyət xarakteristikaları arasında asılılıq analizləri mürəkkəbdir. Yağda açığ keçiricinin səthində yaranan QB izolyasiya üçün təhlükəsiz olduğundan, nəzərdən atılır. Baryerlər arası yağın hərəkətdə olan hissəsində yaranan QB-ı da nəzərdən atmaq olar. Yağın hərəkətsiz olduğu yerlərdə yaranan QB isə, izolyasiya üçün daha təhlükəlidir. Onlar izolyasiyada çevrilməz dəyişikliyə səbəb olurlar. Yağ kanalında başlayan boşalmalar onu tamamilə bürüsə, baryerə çatan strimerin ucunda ESG artır və baryerin üzərində sürüşən boşalma meydana çıxır.

Əgər boşalma kanalından ayrılan enerji çox olarsa, onun temperaturu sürətlə artır. Bir neşə yüz dərəcəyə $^{\circ}\text{C}$ çatan istilik izolyasiyanın səthində keçirici izlər “dendritlər” qoyur. Nəticələr göstərir ki, güc transformatorlarında işçi gərginliklərdə QB-ın elektrik yükü $10^{-12} \div 3 \cdot 10^{-10} \text{ Kl}$ qiymətlərinə çatır. Belə QB izolyasiyada heç bir dəyişikliyə səbəb olmur. Uzun müddət $10^{-9} \div 10^{-8} \text{ Kl}$ *yükündə* QB-lar elektron izolyasiya səthində ağ izlər buraxır. Bu izlər gərginlik kəsildikdən sonra yox olur, izolyasiya sağalır. İntensivliyi $10^{-7} \div 10^{-6} \text{ Kl}$ olan

QB-lar isə izolyasiyada qara izlər buraxır. Диэяр тяряфдян, ГБ-ын йаь вя бярк изолйасийайа тясири нятижясиндя онларын парчаланмасы баш верир ки, бу да изолйасийада газ айрылмасына сябяб олур. Илк мярщялядя айрылан газлар тамамия йаьда щялл олунурлар. Трансформаторларын мцхтялиф зядялянмяляриндя йаьда щялл олунан газла айрылан газларын тяркиби фярглянир. Газ анализи бу фярги эюстярир, чцнки бу заман хроматография вя йа кцтля спектроскопийасы кими методлар тятбиг едилир.

Трансформаторларын зядялянмяляри ашаьыдакы щякилдя мцщащидя едилир:

1. Йаьда баш верян гювс заманы бярк изолйасийа материалы иштирак етмядийи щалда, айрылан газларын тяркибиндя щидроэен 60÷80%, асетилен 10÷25%, метан 1,5÷3,5%, етилен 1÷2% олур. Галыг ися, йаьда щялл олунан щавадан ибарятдир. Бу мярщяля карбон газы вя карбон оксид газларынын олмамасы иля характерикдир.

2. Йаь-барьер изолйасийасында гыьылжым бошалмалары. Бу щалда щидроэен, асетилен, метанла йанашы, 15÷25% карбон ики оксид газы да йараныр.

3. Бярк изолйасийада (каьыз вя картон) истилик артдыгжа трансформатор бакынын ичярисиндя даща чох карбон газы вя карбон ики оксид газлары айрылыр. Асетилен вя метан газларынын фаиз нисбяти ися чох азлыр.

4. 400⁰ Ж температурлардан башлайараг йаь термики даьылмайа уьрайыр. Йаь кичик молекулалы карбощидроэенляря:- етан, етилен вя щидроэеня парчаланыр. Температур 600⁰ Ж чатдыгда йаьын парчаланмасындан алынган газ ясяян метан вя щидроэендя ибарят олур. Бу щалда йаьда щава гарышыьы оларса, карбон газы чох артыр.

Бцтцн щалларда йаьда щялл олунмайан газлар (щидроэен, карбон ики оксид) йаьын цстцндя трансформаторун газ релеляриндя топланырлар. Йаьда щялл олунан карбон газы, метан, асетилен ися, йаьын тяркибиня кечирляр. Чохлу мигдарда доймуш вя доймамыш карбощидроэенлярин щидроэенля гарышыьы йаьын гызмыш металл тямас едяряк истиликдя парчаланмасыны эюстярир. Чохлу мигдарда ЖО₂ вя ЖО-нун олмасы, бярк селлцлоза - каьыз изолйасийанын парчаланмасыны эюстярир. Бу заман адытян, О₂ вя азот азлыр. Аз мигдарда Щ₂, Ж₂Щ₄ вя ЖО₂ олмасы интенсив гисми бошалманын олдуьуну эюстярир.

16.2.3. Yağ baryer izolyasiyasının elektrik möhkəmliyi və hesabları

Yağ baryer izolyasiyasının uzunmüddətli elektrik möhkəmliyinin təyin edilməsi mürəkkəb məsələlərdəndir. Onlarda elektrik möhkəmliyi gərginliyin təsir müddətindən az dəyişir. Gərginliyin azalmaya tərəf dəyişməsi, deşilmə və izolyasiyanın yaşama müddətinin xeyli artmasına səbəb olur, şək.16.1.7. Şək.16.1.7–də transformator izolyasiyasında alınan dağıdıcı gərginliyin nisbi qiymətinin onun təsir müddətindən asılılığı verilmişdir. Əyridən görünür ki, təsiri 1 dəq saxlanan deşilmə gərginliyi, 10-15% azaldıqda τ saxlama müddəti 1 dəqiqədən 100 saata qədər artır. Ona görə, $U_{deş}$ -nin τ -dan asılılığı ifadəsi aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \left(\frac{U_{des1}}{U_{des2}} \right)^n \quad (16.1.17)$$

Burada kağız bakelit üçün n -təxminən 55, yağ kağız üçün 40-a bərabərdir.

YG, OG, AG dolaqları və ekran arasında olan bütün məsafələr sınaq gərginliyinə görə təyin edilir. Dolaqların yerləşmə qaydası və birləşmə sxemlərinə görə hesabatlar standart impuls və ya 1 dəqiqəlik sənaye tezlikli gərginliyin təsiri ilə aparılır. Seçilmiş sınaq gərginliyinə və əsas izolyasiyanın verilmiş nöqtəsinə görə ən böyük hesabat gərginliyi tapılır. Aparılan sınaqlara əsasən, buraxıla bilən ESG-ni təyin etdikdə $E_{yağkan deşmin}$ -in qiyməti (16.1.8) ifadəsi ilə hesablanır. Düzəlişlər, aparılan təcrübələr sayının az, sınaq olunan modelin ölçülərinin transformatora nisbətən kiçik olması və ESG-nin maksimal qiymətlərinin dəyişdiyi zonaların kiçilməsi ilə izah edilir. Ona görə, təsir edən sınaq gərginlikləri üçün hesablanmış buraxıla bilən ESG, $E_{bbyaökan -i}$, $E_{yağkan deş min}$ -dan 15% kiçik götürülür:

$$E_{bbyağ kan} = 0,85 \cdot E_{yağkan deşmin} \quad (16.1.18)$$

burada $E_{yağkan deşmin}$ A əmsallarının seçilmiş qiymətlərinə görə (16.1.8) formulasından təyin edilir. Yağ baryer izolyasiyasının təxmini hesabatında hansı sınaq gərginliyinin seçilməsi, impuls hesabat gərginliyinin 1 dəq sənaye tezlikli ekvivalent gərginliyə gətirilməsi aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$U_{50Hs1 deq} = \frac{U_{tesed imp}}{\sqrt{2} \cdot k_{imp}} \quad (16.1.19)$$

Məsələn, 220/110/35 kV-luq avtotransformatorlar üçün izolyasiyanın hesabat gərginliyini təyin edək. Dolaqlar içliyə nəzərən normal sıra ilə AG-OG-YG yerləşir. 1516.1,2-96 standartlara görə bu avtotransformatorlar 220 kV xətt girişi tərəfdən tətbiq edilən standart tam $U_{sin imp}=750$ kV və 835 kV-luq kəsilmiş impulslarla sınaq edilir. Həmin standartta əsasən 1 dəq-lik sənaye tezlikli sınaq gərginliyi isə $U_{50Hs 1deq}=325$ kV-dur. OG, YG dolaqlarının neytral izolyasiyası 35 kV səviyyəsinə malik olduğu üçün, sinusoidal gərginliklə aparılan sınaqlar avtotransformatorun aşağı gərginlik dolağı tərəfindən aparılır. 50 Hs tezlikli gərginlik təsirindən maqnit içliyin doyma dərəcəsi çox

artdıgından sınaqlar 225 Hs tezliklərdə aparılır. A çıxışına verilən 325 kV gərginlik A_m çıxışında $U_{Am}=325 \cdot 110/220=162$ kV gərginlik yaradır. Bu halda OG-YG dolaqları arasında ən böyük gərginlik YG dolağının xətt çıxışında olur:- $U_{YG-OG 50Hs 1daq}=325-162/2=244$ kV.

Стандарт импулс сынагларында сынаг олуан долабын чыхышындан башга бцтцн долаглар торпагланыр. ЙЭ долабы сынаэ едилдикдя, ОЭ долабынын A_m чыхышы торпагланыр. ОЭ-ЙЭ арасныда тутум, индуктив ялагя нятижясиндя A_m -я тясир едян 1,2/50 мксан-лик импулс эярэинлийи ЙЭ вя ОЭ долагларында эярэинлик рягсяляри йарадыр. Тяжрцбяляр эюстярир ки, бу шалда ян буюцк эярэинлик амплитудасы щяр ики тяряфдян торпагланмыш ОЭ долабынын ортасында мейдана чыхыр. Онун гиймяти A чыхышына верилян эярэинлийин 20% - ни тяшкил едир. ОЭ долабындакы эярэинлийин ишаряси ися бир мцддят ОЭ долабынын эярэинлийинин яксиня йюнялир. Она эюря сынаг заманы ОЭ-ЙЭ аралыбынын ЙЭ чыхышы тяряфиндя амплитудасы- $U'_{йэ-оэ}=1,2 \cdot 750=900$ кВолян эярэинлик тясир едир. $U'_{йэ-оэ}=900$ кВимпулс эярэинлийинин бир дягигялик сянайе тезликли эярэинлик эквиваленти (16.1.19)-дан hesabalanır:- $U'_{50Hs 1daq} = 900 / (\sqrt{2} \cdot 2,0) = 320$, burada yağ baryer izolyasiyası üçün $k_{imp}=2$ götürülmüşdür. Hesabatlardan aydın olur ki, ildırım impulsları ilə sınaq apadıqda, OG-YG arasına təsir edən gərginlik sənaye tezlikli gərginliyə nisbətən 40% çox olur. Ona görə izolyasiya üçün impuls hesabat gərginliyi seçilməlidir.

220/110 кВ –луг ики долаглы трансформаторларда ЙЭ долабы иля экран арасында бир дягигялик сынаглар даща аьыр щяраитдя кечир. Бу аралыгда илдырым импулсуна эквивалент олан бир дягигялик сянайе тезликли эяринлик ашааьыдакы гиймятя бярабяр олур: $U'_{50Hs 1daq} = 750 / (\sqrt{2} \cdot 2,0) = 265$ кВ. Стандарта уйбун олагаг щямин аралыгда бир дягигялик сянайе тезликли эярэинлик ися, $U_{50 Щс 1 дяг} = 325$ кВ олур. Она эюря сянайе тезликли сонунжу щесабаг эярэинлийи ясас амил кими гябул едилмялидир. Дейилдийи кими, трансформаторун ясас изолйасийасында илк олагаг биринжи йаь каналы дешилир. Долаа $S_{йаь канн}=5 \div 16$ мм мясафядя сечилиян биринжи йаь каналы долагла електрокартон барйер арасында йерляшир. Йаь каналынын галынлыбы азалдыгжа онун бурахыла билян сащя эярэинлийи артыр (16.1.8)-я бах. Анжяг бу шалда технолоаи вя конструкторийа чятинликляри сябябиндян долаг сятци иля ейни галынлыгда йахын йаь аралыбы сахламаг чятиндир. Она эюря 10 мм – дян кичик йаь каналлары йалныз ултра йцксяк эярэинликли трансформаторларда тятбиг едилер. Гябул едилмиш йаь каналы вя верилмиш сынаг эярэинлийиня уйбун (16.1.8) вя (16.1.18) - дян йаь каналында бурахыла билян електрик сащя эярэинлийи тапылыр.

Qısa müddətli gərginlik təsirləri üçün, buraxıla bilən sahə gərginliklərinin həm də yağ-baryer izolyasiyasında deşilmə gərginliklərini yağ baryer izolyasiyasında deşilmə gərginliklərinin meyl etmə statistikasına görə dəqiqləşdirilir. Sahə gərginliklərini həm də yağ baryer izolyasiyasında deşilmə gərginliklərinin statistik meyl etməsinə görə dəqiqləşdirirlər. Yağ kanalında buraxıla bilən ESG-ni kifayət qədər dəqiqliklə (0,95 ehtimalla) təyin edilir:

$$E_{bbyağ\ kan} = k_s (E_{yağ\ kan\ deş} - 2,5 \cdot \sigma_E) \quad (16.1.20)$$

бурада $E_{йаь\ кан\ деш}$ вя σ_E – орта дешилмя саяя эярэинлийи вя йаь каналынын дешилмяси заманы ЕСЭ-ин орта квадратик мейл етмя ямсалы, k_c - долагда эярэинлийин пайланмасыны вя моделин елетродунун, эквивалент електродун саяясиня олан нисбятини нязря алан ямсалдыр. 50 Шц сянайе тезликли 1 дяг-лик эярэинлийин тясири вя трансформаторларынын торпагланмыш нейтрал щалы цццн, йцксяк ЕСЭ –нин долабын узунлуьунун 0,15 юлчцсцндя вя $\sigma_E / E_{йаь\ кан\ деш} = 0,1$ олудьуну нязря алдыгда ашаьыдакы ифадяни йазмаг олар:

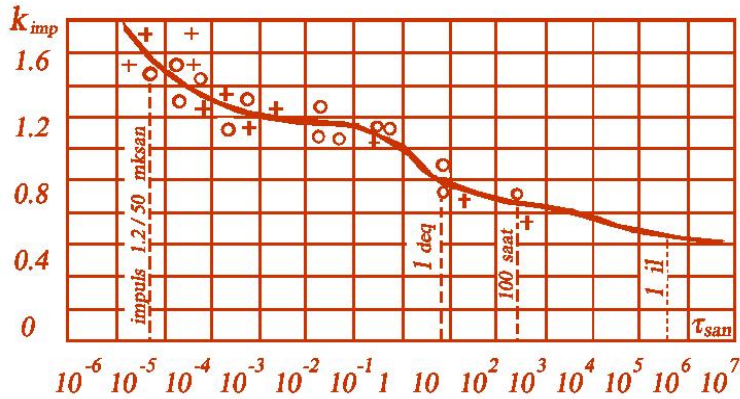
$$E_{об\ йаь\ канн} = 0,7 \cdot E_{йаь\ кан\ деш} \quad (16.1.21)$$

Бурахыла билин саяя эярэинликляриня эоря трансформатор изолясийасынын ясас юлчцляри тьяин едилир. Илк йахынлашмада долаглар вя йа долагла экран арасындакы мясафяляр ашаьыдакы ифадя иля щесабланьр:

$$S = U_{hes} \cdot k_{iz} / E_{bb\ yağ\ kan} \quad (16.1.22)$$

бурада $k_{из}$ –барьерляр йерлящдирилмищ цилиндрик конструксийада йаьын електрик саяя эярэинлийинин артмасыны эюстярян ямсалдыр.

Сонра изолясийанын радиал гурулушу- барьерляр вя электрокартон цилиндрлярин сайы вя йерляшмя гайдасы тьяин едилир. Бу заман нязря алмаг лазымдыр ки, барьерляр арасы йаь каналларынын електрик мющкямлийи биринжи йаь каналына нисбятян 1,5 дяфя буюцкдцр. Бунун сябябляри барьерляр арасы мясафянин буюцк олмасы вя биринжи йаь каналындакы кими саяяни тящриф едян сарьаж долаг сятщляринин олмамасыдыр. Адятян барьерялр арасы мясафя 25 мм эютцрцлцр. Ультра йцксяк эярэинликли трансформаторларда долагдан сонра икинжи каналын ени 12 мм , сонракы каналларын ени ися 20 мм-я гядяр олур. Барьерлярин сайы ися тяхминян $n_{б} \approx Y_{щес} / 100$ кими щесабланьр.



Шяк.16.1.7. Йаь барйер изолйасийасынын нисби дешилмя эярэинлинин-
(ЕСЭ- $k_{имп}$), эярэинлийин тясир мүддятиндян τ асылылыы: о- долавын
орта щиссясинин модели ццн; + долавын кянары ццн модел.

Барйерлярин галынлыгы йаь каналында барйерлярин $E_{йабканн}$ -
електрик сая эярэинликляриня тясирини нязря алмагла тапылыр.
Верилмиш щесабат эярэинлийи вя долаглар арасында щесабланмыш С
мясафясиня эоря илк йахынлашмада:

$$U_{щес} = E_{йабкан} C_{\Sigma йабкан} + E_{\sigma} C_{\Sigma \sigma} \quad \text{кими тяйин едилир} \quad (16.1.23)$$

бурада $C_{\Sigma йабкан}$ -бцтцн йаь каналларынын галынлыглары жями, $C_{\Sigma \sigma}$ -бцтцн
барйерлярин галынлыгларынын жямидир, йяни - $C = C_{\Sigma йабкан} + C_{\Sigma \sigma}$ кими

тяйин едилир. (16.1.1) ифадясини - $E_b = E_{яг кан} \cdot \frac{\epsilon_{яг}}{\epsilon_b}$ вя (16.1.23) -ля, С

мясафясини нязря алдыгда биринжи йаэ каналы ццн ашабыдакы сая эярэинлийи щесабланыр:

$$E_{яг кан} = \frac{U_{hes}}{S - S_{\Sigma b} \left(1 - \epsilon_{яг} / \epsilon_b\right)} \quad (16.1.24)$$

(16.1.24) вя $\epsilon_{\sigma} > \epsilon_{йаб}$ нисбятиндян эюрцнцр ки, барйерлярин жям
галынлыгларыны артырдыгда йаь канлынын ЕСЭ-йи артыр,
изолйасийанын иш шыраити писляшир.

İşçi gərginliklərdə yağ baryer izolyasiyası üçün buraxıla bilən ESG-i 10^{-10} Kl qiymətli elektrik yükü verən QB şərti ilə təyin edilir. Bu zaman yağ baryer izolyasiyasının uzun müddətli elektrik möhkəmliyinin qiymətləndirilməsilə, elektrik, termik oksidləşmə, köhnəlmə, yağda qaz ayrılmasının olmaması və ya təsir edən ESG-i ilə yağda qazın artmaması kimi amillərdən istifadə edərək, buraxıla bilən ESG-ni tapırlar. Bu şərtlərə görə birinci yağ kanalında buraxıla bilən $E_{i\delta}$ işçi orta sahə gərginliyi $2,5\text{--}5 \text{ kV/sm}$ qiymətlərdə olur. Bu qiymətlər izolyasiyanın bir sıra texnoloji və

konstruksiyasından asılı olaraq dəyişir. Məsələn, birinci yağ kanalı 6 mm seçildikdə, dolağın ortası üçün $E_{i\bar{s}}=4,5$ kV/mm, kənarında isə 4 kV/sm olur.

Yağ baryer izolyasiyasının layihələndirilmə təcrübəsinə əsasən cəmi baryerlərin qalınlığı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$S_{\Sigma b} = (0,2 \div 0,25) \cdot S \quad (16.1.24)$$

Onda hər bir silindrin (baryer) qalınlığı $C_b = C_{\Sigma b}/n_b$. Baryerlərin qalınlıqları təxminən $\approx 3m$ götürülür.

16.2.4. Эцж трансформаторларынын изолйасийа конструксийалары

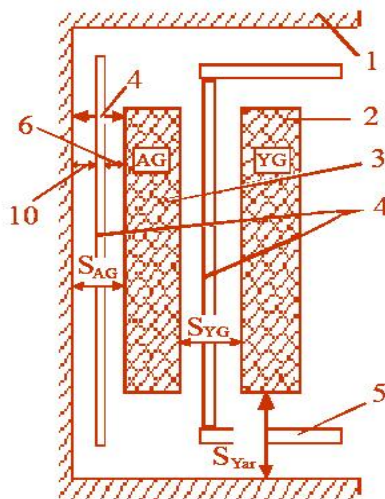
3-35 кВ трансформаторларын изолйасийасы. 3-35 кВ трансформаторларын изолйасийасы да йцксяк эярэинлик трансформаторларынын изолйасийасы кими, йаь барйер типли конструксийаа маликдир шяк.16.1.8.

3-35 кВ-луг трансформаторларын АЭ вя ЙЭ долагларынын ясас изолйасийасы, галынлабы 3-6 мм олан бакелит силиндрля айрылан ики йаь каналындан ибарятдир. С_{йЭ-АЭ} ясас изолйасийанын ара мясафяси 15-27 мм-дир. Бу мясафя, електрик мяцкямлийиндя чох технолоьи вя конструктив тялябатлара эюря тйин едилир. Йармо изолйасийасы да щямин конструксийа кими тйин едилир.

Бир сыра хцсуси тйинатлы трансформаторлар (електровоз, шахта вя с. ццн) йанын тящлцкясизлийиня эюря гуру конструксийада щазырланыр. Бу щалда изолйасийа вя сойудужу мцщит кими щава вя йа елегаз истифадя едилир. Бязян ися, тез гайнаян фреон газы ищлядилир.

110-750 кВ –луг трансформаторларын изолйасийасы. Силиндрик барйерляр, електрокартондан щазырланмыш кцнж щялгя конструксийалары, долаглар вя долагла торпагланмыш щиссяляр арасында олан ясас изолйасийаны бир нечя йаь каналларына айырыр. Картон барйерлярин сайы вя онларын йерлящдирилмя гайдасы трансформаторун эярэинлийи вя конструксийасындан асылы олур.

110-330 кВ-луг йцксяк эярэинлик трансформаторларынын долаглары кясилмяз сарьы кими 500 кВ вя даща йцксяк эярэинлик трансформаторларын долаглары ися чал-кечир конструксийада щазырланыр. 220 кВ вя даща йцксяк эярэинликли трансформаторларда чох щалларда долабын ортасындан чыхыш алыныр. Бу долабын кянарларында эярэинлийин вя йцклянмянин азалмасына сбяьб олур. Нятижядя изолйасийанын иши йцнэцллящир вя етибарлылыьы артыр.

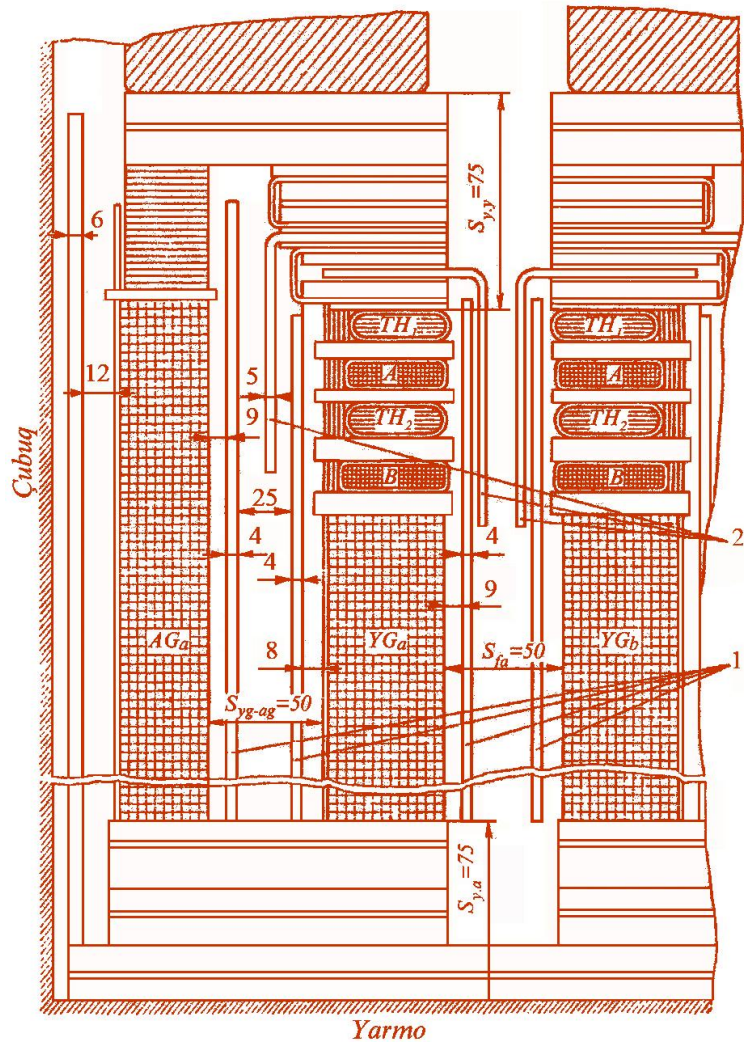


Шяк.16.1.8. 35 кВ-луг трансформаторун изолясийасы 1- магнит кечирижги; 2 – ЙЭ долабы; 3- долаглар; 4- электрокартон барьер; 5 - электрокартон лювця

Бир сыра щалларда долаглар ардыжыл гошулмуш (консентрлярдян) щиссялярдян тяшкил олунур. Бу щал автотрансформатор бирляшмя схеминдян истифадя етмяйя вя ЕСЭ-нин узунуна тяшкиледижисинин азалмасына сябяб олур (шяк.16.1.1 –я бахын). Шяк.16.1.9-да ики долаглы, кянар чыхышлы 110 кВ-луг трансформаторун ясас изолясийа аралыглары эюстярилмишдир.

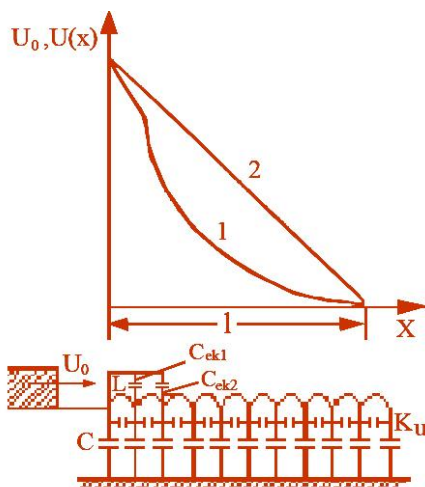
Хятт чыхышларына йахын олан сарьяжлар эцжляндирилмиш изолясийайа малик олуб эириш зонасыны тяшкил едирляр. Эириш сарьяжлары йахынлыбында монтаж едилян экранлар, долагларын кянарларында олан електрик саця эяриэинлийини бярабярляшдирир [25,27]. Онлар, сарьяжлар арасында вя долабын эиришиндя тутуму артырараг, илдырым импульсары тясириндян долабы мщшафизя едирляр. Тутум щялгыси контурунда жяряйан йаранмамасы цццн там чевря цзря гападылмыр, онларын мцяййян йердян кясикляри олур.

Илдырым ифрат эярэинликляринин импульс тясирлярини долаг бойу азалтмаг цццн сарьяжларла долаг сарьылары арасында да экранлар гоймагла тутуму артырмаг лазымдыр. Бу чал-кечир сарынмыш долагларда шяк.16.1.10 вя 16.1.11 мцмкцндир.



Шяк.16.1.9. 110 кВ-луг ики долаглы тарнсформатор изолясийасынын ескизи, $AЭ_a$, $ЙЭ_a$ – а фазасынын алчаг вя йцксяк эярэинлик долабы; $ЙЭ_b$ – б фазасынын йцксяк эярэинлик долабы; $ТЩ_1$ вя $ТЩ_2$ – тутум щялгяляри; А вя Б – эириш зонасынын сарьажлары; 1 – електрокартон барйерляр; 2 – кунж шайбалары

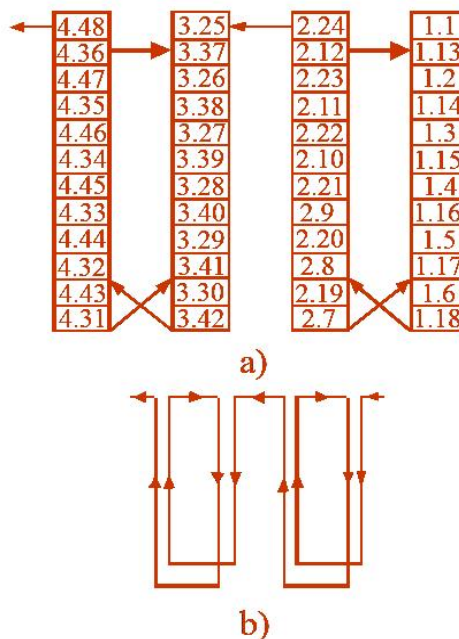
Бир сыра щалларда долагларын сонундан чыхышлара верилян ужларда жидди проблемляр йараныр. Бу проблемляр ясаян конструксийа иля ялагядар олур. Хцесуи иля ашабы вя йцксяк эярэинлик долаглары арасында йерлящян орта эярэинлик долагларындан чыхышлар алмаг мцряккяб олур.



Шяк.16.1.10. Илдырым ифрат ээрэинлийи йарадан импулс тясириня уйбун гурулмуш эквивалент схемдя трансформатор долагларынын узунлуу бойу ээрэинлик пайланмасыныняйриси. Яйри, экранлашдырыжы тутуму вя долаглары чал кечир схемдя олан щала уйбун гурулмушдур.1-ээрэинлийин баиланьыж пайланмасы, 2-ээрэинлийин сон пайланмасы, L -индуктивлик, J -торпаьа нязряя тутум, K_y -узунуна тутум, J_{ek1} , J_{ek2} -экрэанлашдырыжы тутум щялгяляринин електрик тутумлары.

Чал-кечир долаглар дедикдя сарьажлары тяшкил едяя сарьыларын бири-бириня кечмяси нязрядя тутулур. Мясялян, щякилдя эюстярилдийи кими 48 яяд долаг сарьыларындын 18-инин Б1-жи вя БЫ-жи сарьажлар арасында бюлщдцрцлмяси 7, 8, 9, 10, 11, 12-жи нюмряли сарьылар 2-жи сарьажда галанлары ися, биринжи сарьажда сарыныр. Сарьажлар арасы, долаг сарьы кечидляри 3 йердя:- 12-13-я (икинжидян биря), 6-7-йя (биринжидян икийя), 18-19-а (биринжидян икийя) кечирилир шяк.16.1.12. Щяр сарьаж 12 яяд сарьыдан ибарятдир.

Шяк.16.1.11 б) - дя сарьы иля сарьажлара (1-4 нюмря) кечян жряйяанларын истигамятляри эюстярилмищдир.



Шяк.16.1.11. Чал-кечир сарынмыш долагларын схеми а)саръажлар1-4 биринжи нюмряляр вя саръылар 1-48 икинжи нюмряляр; б)саръаждан саръажса кечидляр (саръылар)

16.2.5. Трансформатор изолясийасынын сынаглары вя истисмары

Трансформатор (автотрансформатор) заводларында бурахылан мящсуллар ДЦИСТ-ин (ДЦИСТ 9920-76,1516-76 вя с.) тяляблярина уйьун олагаг бцтцн сынаглардан кечирилир. Онларын дахили вя харижи изолясийасы там вя късилмищ импульс дальалары вя сянайе тезликли дяйищян эярэинликлярля сынаг едилерляр.

Импульс сынагларында, узунуна изолясийада ашкар олунан зядяляр даща жидди проблемляр йарадырлар. Адытян бу зядяляр кичик дяликляр шыкилиндя олуб, трасформатор долаьынын мцгавимятиня тясир эюстярмирляр. Лакин онлар, сонрадан трансформаторларын нормал ишлямясиндя тящцкя йарадырлар. Изолясийаиа нязарятин эениш йайылмыш усулларындан бири, трансформатор нейтралынын жярйян осиллограмасыны чыхарыб, ону ейни типли, саьлам трансформатор изолясийасынын осиллограмы иля мцгайися етмякдир. Саръылар вя саръажлар арасы електрики гапанмалар осиллограмларын характерини дяйищдирир. Осиллограмлар щям зядяляння фактыны, щям дя онларын тяхмини йерини эюстяря билер. Бу цсул трансформаторларда олан зядя йеринин тез тапылмасыны асанлащдыыр.

Яэяр трансформатор нейтралы вя хятт чыхышларынын (эиримлярин) изолясийа сывийяси ейни оларса, дахили изолясийада сянайе тезликли сынаглар кянар бир сынаг мянбяи иля апарыла бияр. Бу заман сынаг олунан долаг щяр ики тяряфдян йердян изоля едилир. Бцтцн долаг бойу ейни бир эярэинлик тясир едир. Яэяр нейтралын изолясийа сывийяси ашабы оларса (чох заман беля олур), онда сынаглар 400 Щс-ли индуксийа едилмиш эярэинликля апарылыр. Бу щалда трансформаторун биринжи долабына йцксяк тезликли амплитуданын еля гиймяти верилир ки, сынаг олунан долагда трансформасийа нятижясиндя, эярэинлик сынаг гиймятиня чатсын. Бу заман трансформаторун нейтралы йа торпагланыр йа да она кянар мянбядян ейни тезликли эярэинлик верилир. Сянайе тезлийи трансформатор ичлийиндя буюцк индуксийа вя магнитляня жряйянлары йаратдыьындан, онларла беля сынаглары апармаг олмаз. Сянайе тезликляриндя биринжи долаба номинал эярэинлийин ики гат гиймятиндя верилмямяси цццн, сынагларда йцксяк (400 Щс) тезликляр сечилир. 400 Щс - йцксяк тезликлярдя ися, ичликдя йаранан индуксийа номинала йахын олур.

Йцксяк эярэинлик сынаглары иля йанашы, щяр бир трансформатор цццн изолясийанын тэд-сы, мцгавимяти вя трансформатор долабынын тутум характеристикалары да юлчцлцр. Заводда апарылан сынагларын нятижяляри, истисмар заманы изолясийанын илкин вязиййяти кими гябул едилир.

Трансформатор изолясийанын електрик юкщнялямясинин ясас сябяби олан, гисми бошалмаларын интенсивлийинин юлчцлмяси даща важибдир. Она эюря бязи апарыжы заводларда гисми бошалмаларын интенсивлийинин йохлама сынаглары да апарылыр.

110 кВ вя йцксяк эярэинликли, буюцк эщжлц трансформаторлар истещлакчылара йаьсыз эюндярилир. Бу заман трансформатора гуру щава, азот вя йа ЖО₂ газы долдурулур. Трансформатор монтаь едилдикдян сонра, онун ичярисиндяки газын йериня йаь долдурулур. Трансформатор гошулмамышдан яввял, 50 Щс тезликли эярэинликля йабын електрик мюцкямлийи йохланылыр: - *Стандарт электродлар арасында дешилмя эярэинлийинин гиймяти ян азы 25-50 кВ олмалыдыр. Дешилмя эярэинлийинин ашабы щядди 15 кВ–а гядяр, йухары щядди ися 330 кВ вя даща йцксяк эярэинликли трансформаторлар цццндир. 60 вя 15 сан-ли эярэинлик тясири иля изолясийа мцгавимяти вя абсорбсийа ямсалы K_{abc} тяйин едилир. Юлчцян абсобсийа ямсалы 1,3 –дян аз олмамалыдыр. Сонра 20⁰Ж температурда Ж₂, Ж₅₀, ДЖ, Ж_ц тутумлары вя Ж₂ / Ж₅₀ (1,1-1,3 олмалыдыр), ДЖ/Ж_ц (0,1-я гядяр олмалыдыр) нисбятляри юлчцлцр. тэд мцхтялиф температурларда юлчцлцр. тэд-нын*

юлчүян мцтляг гиймятляриндя башга, завод сынагларында алынмыш нятижялярля мцгайисяляри дя апарылыр. тэд-нын гиймятинин чох артмасы долаг изолясийасынын нямляндийини вя йа башга дефектлфрин олмасыны эюстярир.

Трансформатор изолясийасы мцряккяб систем тяшкил етдийиндя онун характеристикалары бцтцн трансформатор ццн дейил, айры-айры элементляри вя «зона»лары ццн йохланылыр. Зоналар дедикдя: - долаглар арасы, долагла бак арасы, долагла магнит ичлик арасы изолясийа нязярдя тутулур. Зоналарда сынаглар апарыларкян бцтцн башга долаглар торпагланмалыдыр.

35 кВ вя ашабы эярэинликли трансформаторлар, истисмар йериндя йцксяк эярэинликля сынаг едиля билярляр. Бу шалда, сынаг эярэинлийи завод сынагларында эютцрцлян эярэинликлярин 0,85-0,9 нисбяти гядяр олур.

«Электрик стансийа вя шябьякяляринин техники истисмар гайдалары» -ТИГ-я эюря, трансформаторларын узун мцддят, ештибарлы ишлямяси ццн, температур реьими вя эярэинлик сявиййяси нормал олмалыдыр; йабын норма кейфиййяти уйьун олмалы, сойудужу вя эярэинлик алтында тянзимлямя гурьулары саз вязиййятдя сахланылмалыдыр. ТИГ тялябатларына диггят едилдикдя, онларын щамысынын, илк нювбядя трансформатор изолясийасынын сахланмасына йюнялдийи эюрцнцр.

Истисмарда истилик реьиминин позулмасы изолясийаны даща тез сырадан чыхарыр. Температур артдыгжа долаг изолясийасынын, изолясийа вя механики хассяляри писляшир. Температурун артмасы иля йаь оксидляшир, чюкнтцлярин мигдары да артыр. Бу ися, йабын сиркулясийасыны вя сойутманы чятинляшдирир. Она эюря, истисмарда трансформаторларын температур реьими вя сойутма гурьуларына жидди нязарят едилир.

Йабын цст сявиййясиндя температурун гиймятляри: - тябии сойутмалы трансформаторларда + 95⁰ Ж, йабы сойутмалы трансформаторларда + 80⁰ Ж, йаь вя су сойутмалы трансформаторларда + 70⁰ Ж кими нормалашдырылыр. Температур термометрлярля юлчцлцр.

Истисмарда олан эярэинлик сявиййяси ясаян, изолясийанын электрик хассяляринин сабитлийиня вя сахланмасына уйьунлашдырылыр. Эярэинлийин артымы, трансформатор изолясийасы ццн тящлцкяли олан йцксяк щармоникалы яйрилярин йаранмасына сябяб олур. Эярэинлик артымлары щям дя, магнит кечирижидя индуксийа вя магнитлянмя иткялярини артырыр. Бу сябядян, магнит ичликдя полад пакетляр гызыр вя вярягяляр арасында изолясийа зядялянир. Нятижядя ичликдя «дямир йангыны» адланан щадися баш

верир. Она эоря, эярэинлийин узун мцддяти артымы номиналын 5% - дян артыг олмамалыдыр. Эярэинлийя, юлчц трансформаторунун алчаг тьярфяня гошулан волтметрля нязарят едилир. Эярэинлик юлчц трансформатору бир баша эцж трансформаторунун чыхышына вя йа йыьма шиня бирляшдирилир.

Истилик реьими вя эярэинлийя нязарятля йанашы, вахташыры бахышлар кечирмякля трансформаторун вязиййяти, йаьын ахмасы, кечид изоляаторунун саьлам вя тямиз олмасы, йаь юлчц-эюзлцк шцшыси, сойутма системи вя с. йохланыр.

17. ЙЦКСЯК ЭЯРЭИНЛИКЛЯРИН ЕКОЛОЪИ ВЯ ТЕХНИКИ-ИГТИСАДИ МЯСЯЛЯЛЯРИ

17.1.1. Энерги системлярин ятраф мцщитя эюстярдийи еколоьи тясирляр

Enerji sistemlari va elektrik verilishlarining ytraf mцщitia vurduьu zaryarli тясirlar ашаьыдакы qruplara бюлцнцр: - elektrik sahяsinin тясiri, sря va gurultudan йаранан тясir, тяһлцкясizlik zonalary kimi тятжрид олунмуш torraq yrazisi va su hovzяlarinin tutulması.

Elektrik sahяsinin тясiri dedikдя, йцксяк va ultra уцксяк гяргинlikli elektrik verilish хяttlяrinin va уагымstansiya avadanлыqlарыным insan orqanizminя, digяr canлы va bitkilery zaryarli тясirlari nязярдя tutulur. Ямяк мцћafizyasi norma va qaydalарына гюгя (330, 500, 750 kV) EVX-ги va уагымstansiyalarda хидмят personalы va digяrlяrinин сащдя buraxыlan максимал qalma мцддятлari normalашдыгылмышдыр. Elektrik sahя гяргинliyi (ESG) 20 kV/m olan yrazileryдя, bir гцц yzindя, qalma мцддяти 10 дяqiqяni кечтмятлядир. ESG-yi 10 kV/m olan sahялeryдя maksimum qalma мцддяти 3 saat ola билер. 20-25 кВ/м олан щалда ачыг пайлайыжы гурулуш yrazисиндя хцсуси мцщafizya костйумлары истифадя едилмялидир. Bu halda elektrik sahя гяргинliyinин yer сyahиндя olan hesabat нюqтyasi insanын bashы сявиййясиня цуьун һцндцрлцк цццн - 1.8 m гютццццр. ESG-nin 5 kV/m va ашаьы qiymятlari canлы orqanizma zaryarsiz olduьundan иш гццц yzindя orada yerlyashma мцддяти мяhdudлашдыгылмауыр. Гяргинliyi 330 kV olan хятт мяftillяrinин алтында, hesabat һцндцрлццц цццн 10 kV/m, 500 kV EVX-дя 15 kV/m, 750 kV EЮX-дя ися, 20 kV/m olur.

Syahiuуя nazirliyinин тюvsiyя etdiyi normalara гюгя, ultra уцксяк гяргинlikli хяttlяг боуу ESG-yi 1 kV/m - дяп чох olmayan, санитар-muhafizya zonalary мццяууянышдирilir. Bu zonalaryн сyahядlari хяттин oxuna paralel olub, кянар мяftиллярдян 330 kV цццн 25 mt, 500 kV – 30 mt, 750 kV цццн ися, 55 mt тяyin edilmishdir.

Bilavasitя хяттин алтында ESG maksimal qiymятя malik olur. Uzaqlашдыqса ESG-nin qiymяти мяsafяnin kvadratына мцтяnasib olaraq azалыр. EVX-nин oxu цзгя, цуьун olaraq, хяттин ortасында sallanma olduьу цццн мякяздя ESG maksimal, дауаьа уахын yerдя ися minimal olur. Дауаьын ekranлашдыгысы тясirlari va һямин нюqтядя мяftilin асылма уцксяклиyi дя ESG-nin azalmasына мцсбят тясir edir. Она гюгя, piyada va heуvanларын кечидlярини дауаьа уахын olan yerleryдян ачырлар.

Mцћafizya zonasында мцвяqряти va уа daimi уашауыш binalarыным, сянпая мцясsisялeryнин tikintisиня icазя verilmir.

Lазым гяldikдя хяттин алтына ekranлашдыгысы metal tros чякilir, уагымstansiyalarda ися шинляр va ekranлашдыгысы мцћafizya юртцкляги, хидмят personalы цццн чардаqlar tikilir. Яһalinин мцћafizyasi цццн тяткилаты

xarakterli işler gücünü, хаярдарлық нишанлары асылыг вя izahat işleri арагылыг.

Elektrik sahəsi yerden izoly edilmiş, rezin təkərli, һягкятли вя уа һягкятсиз obyektlerde, avtomobil вя traktorlarda elektrik үклеринин meydana чыхмасына сябяб olur. Bu zaman һямин үклерин тәсири иля yaranan гягәинлик, yerde durub obyektin гювдәсиня тохунан инсанын гювдәсинден уегя ахан impuls сягяуанынын артмасына сябяб olur. İnsan тохундугда yaranan impuls сягяуаны хяттин гяргинлиги, obyektin һәми вя tutumu, тохунан адамдын мидәвиһәти иля тәин edilir.

Адәтән жанлы организмләрдән уегя ахан impuls сягяуанлары normalашдыгылыг. Lakin бунунла белә арагылымыш анализлерин нятисиндә топланмыш мәlumatlara, гюгя кишилер цццн 9 mA, qadynlar цццн 6.5 mA, ushaqlar цццн ися 4.5 mA сягяуан тәһүкяли һәдд сауылыг. Белә сягяуанлар ися, ESG-ги 15 kV/m olan EÜX – алтындан кечән буюдук avtobusларын вя kombaynларын гювдәлериндә топланмыш induksiya үклериндән yarana билер. Она гюгя сүгүсүгя белә үксяк гяргинлик хяттлеринин алтында дауанмаға icazә verilmir.

Syas-kcu вя gurultu тәсири – бүгүн energetik obyektler, о сүмләрдән EÜX вя YS -lar syas-kcu мәнбәлеридир. Иншаат вя istismar тәсүбәлери гюстәриг ки, son zamanlar YS уахынлыгында energetik аваданлыгдан гялән syas-kcuлар уахынлыгда уегләшән уашауыш мәнтәрәләрини парәһат edir вя onларын азалдылмасы мәсәләси ortaya чыхыг. YC-da syas-kcu мәнбәи transformatorlar, ventilyatorlar вя soyutma sistemleri, синхрон kompensatorlar, hava ачарлары вя s-dir. Syas вя gurultunun азалдылмасы мәqsәди иля YC –ы хусуси yerde тикилер. Нямин мәqsәдлә ялавя olaraq хусуси syas боьуси рярде тикинтилери вя s. тәдбирләр уегиня уетирилер.

Torpaq вя su һювзләринин тутулмасы- Energetik obyektlerin тикintisи хейли мидәрда torpaq вя su һювзләринин зябт edilmәсиня вя istifadesiz qalmasyna сябяб olur. Bu halda EÜX вя YS иншааты алтынә дцшән, башқа sahяlerin тикintisиня ялверишли вя maraqlы olan bir сыра torpaq яrazилери вя su һювзлери тутулмуш olur. Нятта бу мәсәлә, tez-tez vacib дювлят яһямийууәти дашыуан obyektlerin тикintisиндә qarшыуа чыхыг.

Elektrik верилиш хятләринин elektrik сәхәси инсанлара вя диәяр жанлы организмләря биолоьи, термик вя електромагнит тәсирлери әюстәрир. Бунларын ися ян тәсирлиси вя ятраф мдщити сых бцрцйени електромагнит сәхәсидир. Электромагнит сәхәси шям дә щаванын кичик молекулалы тәркибләря парчаланмасына сябяб olur. Онун дашыйыжылары EÜX-дир [50]. Она әюрә, йцксяк вя ултра йцксяк әрәинликләрдә EBX-да elektrik сәхәсинин тәйин edilmәси важиб мәсәләдир. Инди ися белә бир щесабатын апарылмасына бахаг. Бу щесабатлар ашаьдакы ардыжыллыгларә апарылыг:

А) (2.4.8) формуласындан шахялянмиш мяфтиллярин эквивалент радиуслары тапылыр;

Б) (2.4.9) формулларына эюря верилмиш мяфтилляр системи цццн α -потенциал ямсалларыны щесаблайырлар;

В) щесабланмыш α -лара эюря ики вя цц мяфтилли хятлярдя (2.4.8) вя (2.4.10) дцстурлары ясасында β -лар тйин едилир;

Г) мяфтиллярин ишчи тутумлары сабит вя дяйишян жярйян хятляриня аид олан (2.4.11) вя (2.4.12) тянликляриндян тйин едилир;

Д) верилмиш сабит гцтблц вя йа цц фазлы эярэинликляр вя мялум олан ишчи тутумлара эюря мяфтиллярин хцсуси йцкляри (2.4.13) дцстур уля щесабланыр;

Е) (2.4.14) формулуна эюря шахялянмиш мяфтиллярин сятщиндяки орта сащя эярэинликляри щесабланыр;

Б) $E_{max} = k \cdot E_{op}$ -йа ясаян мяфтилин сятщиндяки максимал сащя эярэинлийи щесабланыр:

Мясяля 1. Фазалары цфиги гайдада цгоризонтал йерляимиш, 3 йеря шахялянмиш 3хАСО-500 мяфтилляри олан, 500 кВ-луг дяйишян жярйянлы електрик цава хятти верилмишидир. Мяфтилин диаметри $r=1,51$ см, шахялянмя аддымы ися $a=40$ см-дир. Фазлар арасы мясафя $d=10,5$ м-дир. Мяфтиллярин орта асылма ццндирлйцц $\alpha_{op}=13,1$ м-дир. Мяфтиллярдяки максимал сащя эярэинлийин щесабланмасы тляб олунур.

Илдырымдан мцщафизя торсларынын тясире аз олдуьундан онлары нязрядян атмаг олар.

1. (2.4.8) формуласындан мяфтилляр топлусу цццн эквивалент радиус щесабланыр:

$$r_{ekb} = \sqrt[3]{r_0 a^2} = \sqrt[3]{1,51 * 40^2} = 13,4 \text{ см}$$

2. (2.4.12) формулаларындан ися потенциал ямсаллары щесабланыр:

$$\alpha_{11} = \alpha_{22} = \alpha_{33} = 0,018 \ell n \frac{2h_{or}}{r_{ekv}} = 0,018 \ell n \frac{2 \cdot 1310}{13,4} = 0,094 \text{ м / pF}$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{13} = 0,018 \ell n \frac{D_{12}}{d_{12}} = 0,018 \ell n \frac{\sqrt{1050^2 + (2 \cdot 1310)^2}}{1050} = 0,018 \text{ м / pF}$$

$$\alpha_{23} = 0,018 \ell n \frac{D_{23}}{d_{23}} = 0,018 \ell n \frac{\sqrt{(2 \cdot 1050)^2 + (2 \cdot 1310)^2}}{2 \cdot 1050} = 0,009 \text{ м / pF}$$

3. (2.4.17) формулаларындан β потенциал ямсалларыны щесаблайырлар:

$$\Delta = 0,094^3 - 2 \cdot 0,018^2 \cdot 0,094 - 0,009^2 \cdot 0,094 + 2 \cdot 0,018^2 \cdot 0,009 = 770 \cdot 10^{-6}$$

$$\beta_{11} = \frac{0,094^2 - 0,009^2}{770 \cdot 10^{-6}} = 11,3 \text{ pF / м}; \beta_{23} = \frac{0,018^2 - 0,009 \cdot 0,094}{770 \cdot 10^{-6}} = -0,68 \text{ pF / м}$$

$$\beta_{22} = \beta_{33} = \frac{0,094^2 - 0,018^2}{770 \cdot 10^{-6}} = 11 \text{ pF / м};$$

$$\beta_{12} = \beta_{13} = \frac{0,018 \cdot 0,009 - 0,018 \cdot 0,094}{770 \cdot 10^{-6}} = -2 \text{ pF / м}$$

(2.1.20) формуласына ясасян ишчи тутумлар щесабалныр:

$$\mathcal{K}_1 = 11,3 + (2+2)/2 = 13,3 \text{ нФ/м}; \mathcal{K}_2 = \mathcal{K}_3 = 11 + (2+0,68)/2 = 12,3 \text{ нФ/м}$$

4. Максимал ишчи эярэинлийин амплитудасы 525 кВ олдуьундан фаз эярэинлийи цццн ашаьыдакы щесабат апарылыр:

$$U_f = 525 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3} = 428 \text{ кВ}$$

Уйьун олараг мяфтиллярдяки хцсуси йцкляр ашаьыдакы кими тьяин едияляжякдир:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 = \mathcal{K}_1 U_\phi &= 13,3 \cdot 428 \cdot 10^3 = 5,7 \cdot 10^6 \text{ нКл/м} \\ \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \mathcal{K}_2 U_\phi &= 12,3 \cdot 428 \cdot 10^3 = 5,26 \cdot 10^6 \text{ нКл/м} \end{aligned}$$

5. (2.4.8) формуласындан мяфтилин сятциндяки орта сащя эярэинликляринин амплитуд гиймятляри щесаблана билияр:

$$E_{1or} = 0.018 \frac{q_1}{3r_0} = 0.018 \cdot \frac{5.7 \cdot 10^6}{3 \cdot 1,51} = 22600 \text{ V/sm} = 22.6 \text{ kV/sm} = 2260 \text{ kV/m}$$

$$E_{2or} = E_{3or} = 0.018 \cdot \frac{5,26 \cdot 10^6}{3 \cdot 1,51} = 20900 \text{ V/sm} = 20,9 \text{ kV/sm} = 2090 \text{ kV/m}$$

Эюрциндя кими мяфтилин сятциндя ЕСЭ чох буюцк щяддляр чатыр. Бу сащя эярэинлийи мяфтилдян узаглашдыгжа мясафянин гиймятиня эюря квадратик олагаг азалса да $[E = \Gamma / (4\pi\epsilon_0 \cdot c^2)]$, йеня йер сятциндя 40-50 м мясафядя инсан вя диэяр жанлылар ццн тящлцкляи гиймятлярдя олур.

17.1.2. Електрик шябьякя гурьуларынын техники игтисади эюстярижиляри

Техники-игтисади щесабатларын мягсяди, гаршыа гойулмуш енерэетик мясялянин щям техники, щям дя игтисади жящятдян оптимал щяллинин тапылмасыдыр. Бу бир сыра вариантларын щяллинин гаршылашдырылмасы йолу иля ялдя едилир. Она эюря бцтцн щяллярин нятижяляри мцгайися едилян бир шякиля эятирилмялидир.

Капитал гойулушунун мцгайися критерийасы кими, щяр бир вариант ццн эятирилмиш иллик хяржляр гябул едилир:

$$M_a = A_a + E_n \cdot K_a \quad (17.1.1)$$

бурада M_a - a вариантына аид бир иля эятирилмиш хяржляр, A_a - a вариантына аид иллик айырмалар-тямир вя амортизасийа хяржляри, K_a - a варианты ццн жями капитал гойулушу, E_n - норматив ямсал, енертегтик авадапльын 7-8 илдя юз хяржини юдямясини эюстярян ямсалдыр, 0,12 гявул едилир.

Щава вя кабел хяттляринин техники игтисади эюстярижиляри, онларын енерьи дашыма габилыйятляри, дювряляр сайы, мяфтиллярин ен кясийи, гызмайа эюря бурахыла билиян жяряянларын гиймяти вя с. кими факторлардан асылдыр. Йцксяк эярэинлик изолясийасы ццн бунлар, изолясианын хидмят мцддяти ярзиндя гурьунун етибарлы ишлямясинин эюстярижиляридир.

Лайищяляндирмя мярщялясиндя, електрик хяттляринин щесабат йцкц тйин едилдикдян сонра, номинал эярэинлик, дювряляр сайы,

хяттлярин дайаныглы шякилдя паралел ишлямя шяртляри юдянилмякля техники игтисади яасландырма вя анализляр апарылыр. Щава вя йа кабел хяттинин сечилмясинин бир сыра техники мясяляляри, илик хяржляря эятирилмиш мясярфлярин мцгайисясиндян тьяин едилир. Мяфтиллярин вя кабел дамарларынын мцгайися олунан ен кясикляри цццн эцжлярин игтисади интерваллары мцяййянялшдирилир. Щяр бир мцгайися олунан нцмуня цццн минимал хяржляря эятирилян мясярфляр илкин капитал гойулушу, илик истисмар хяржляри вя амортизасийа айрылмалары, мцхтялиф сябяблярдян дьяйя зийанлыг хяржляри кими амилляря юлчццр. Бу амилляр оптимал параметрлярин сечилмясиндян чох асылыдыр.

Мялумдур ки, айры-айрылыгда електрик верилиш щава вя кабел хяттляринин мцхтялиф вариантларынын сечилмясиндя, щяр биринин юз хцсусийятляри иля баьлы амилляр рол ойнайыр. Мясялян, щава хяттляринин номинал эярэинликляри, ютцрцлян эцж-*II* вя мясафя-*L* арасында оптималлашма шярти кими, бир асылылыг мювжуддур. Бу асылылыглар ашаьыдакы формулаларда ифадя едилмишдир: - 250 км

узулугда вя 60 МВт-а гвяяр эцждя, $U_{nom} = 4,34 \sqrt{L + 16 \cdot \frac{P}{n}}$ - истифадя едилян дустуру *Штилл* тяряфиндян верилмишдир. 60 МВт-дан буюцк

эцж, узунлуьу 500 км-я гядяр оlanda, $U_{nom} = \sqrt{\frac{P}{n}(100 + 15\sqrt{L})}$ - *Залески* тяряфиндян тяклиф едилир. Цмумийятля ися, 35-1150 кВ арасында мювжуд олан бцтцн номинал эярэинликляр шкаласы цццн

$U_{nom} = \frac{1000}{\sqrt{500/L + 2500 \cdot n/P}}$ - *Илларионов* дцстурлары тятбиг едилир. Бу ифадялярдя *n* *ЩХ*- и дювряляринин сайыдыр.

Еляжя дя кабел хяттляринин щямин параметрляри арасында башга бир асылылыг вардыр.

Лакин щяр ики вариантын цмуми хцсусийятлярини эюстярян амилляр дя вардыр. Бир сыра тядгигатлар эюстярмишдир ки, мцхтялиф конструкторларда жярйянын универсал игтисади сыхлыьыны алмаг мцмкцн дейилдир. Чцнки бу кямийят, 1 км хяттин дьяйяри иля актив мцгавимят вя електрик енерьи иткиляринин вердийи гиймятляр фяргиндян тьяин едилмялидир. Дюьрудан да, ики C_1 вя C_2 ен кясикляри мцгайися едилярся, эятирилмиш хяржляр мцгайися едилмяли вя игтисади жящятдян сярфяли оланы сечилмялидир. Елеклтрик верилиш хяттляри цццн капитал гойулушу ашаьыдакы кими тьяин едилир: -

$K = (K_1 + K_2 S) \cdot \ell$, бурада K_1 - хяттин узунлуьу иля тьяин едилян

капитал гойулушудур, манат/км. K_1 –ямсалы мяфтилин (дамарын) ен кясийиндян асылы дейилдир; K_2 – 1км хятт мяфтили вя йа кабел дамаринын ен кясийиндян асылы олан ямсалдыр, манат/ $мм^2 \cdot км$ –ля юлчццлр, C –мяфтилин ен кясийи, $мм^2$, л-хяттин узунлуьудур, км.

Истещсалда кечирижилярин гызмасы вя тажланма иткляри, амортизасийа вя хидмят сашьяриня олан иллик айырмалар нязря алынарса сярф олунан топлам хяржляр: - $A = A_z + A_{таж} + A_a$ олар. О жцмлядян цч фазлы системлярдя гызма:

$$A_q = \frac{3I^2 \cdot \rho \ell}{1000S} \cdot \tau C_e \text{ кими щесабланьр. Бурада } I \text{ - щесаби жярйан, } \rho \text{ -}$$

фаз мяфтилинин хцсуси мцйавимяти $Ом/км \cdot мм^2$, S - мяфтилин ен кясийи, $мм^2$, л-хяттин узунлуьу, км, τ -итки мцддяти, саат/ил, $J_e - I$ кВтсаат енерьи иткисинин дяйяри, манатла.

Юз нювбясиндя тажланма итиляри цчцн: -

$$A_{таc} = K_{таc} \cdot \frac{3I^2 \cdot \rho \ell}{1000S} 8760 \cdot C_e \text{ ,бурада } K_{таж} \text{ - тажланма иткляринин,}$$

мяфтилин гызмасына олан нисбяти кими щесабаланан ямсалыдыр.

$$\text{Амортизасийа айрымалары цчцн: - } A_a = (K_1 + K_2 S) \cdot \ell \frac{a}{100},$$

бурада A_a - електрик верилишинин иллик амортизасийа вя хидмят хяржляринин иллик айырмаларыдыр.

Юз хяржини чыхартмаг шярти иля, йухарыдакы бццн мясряфляри жямлямяк лазымдыр. Онда хидмят мцддяти ярзиндя жями мясряфляр :

$$\sum M = K + A \cdot T_n \text{ олажагдыр.}$$

Жярйанын игтисади сыхлыьыны щесабламаг цчцн $\sum M$ - ифадясини ен кясийиня эюря диференсиаллайыб сыфыра бярабяр олан тьянлийи щялл едилир вя ашаьыдакы игтисади сыхлыг алыныр:

$$I_{iq} = \sqrt{\frac{10k_2 \cdot (100/T_n + a)}{3\rho C_e (\tau + K_{таc} \cdot 8760)}} \quad (17.1.2)$$

Она эюря, електрик верилиш щава хятти вя йа кабелляр лайищяляндириляркян мцгайися едилян вариантлар цчцн, йухарыдакы формулалар иля щесабаланан эятирилмиш жям мясряфляр мцгайися едилмялидир. Иллик хяржляря эятирилмиш мясряфляр ашаьыдакы формула иля тьяин едилир :

$$M_{il} = K(p_a + E_n) + \frac{p^2 \cdot \alpha^2 r}{1000U^2 \cdot \cos^2 \varphi} M_{ue} + \Delta P_{tac} M'_{ue} + K_d p \cdot t_0 \cdot C_{zly} \quad (17.1.3)$$

бурада K_d – мұхтиялф сяблялрдян енерьинин тялябатчылара верилмяйян щиссясиня аид ямсалдыр.

17.1.3. Електрик изолясийа конструксийа вя элементляринин техники-игтисади эюстярижиляри

Електрик изолясийасына гойулан тялябатлар даща эениш спектрляря маликдир:- онлар *йцксяк електрик мцгавимяти, ашаьы диелектрик нцфузлулуьу вя иткляри олмагла, чох буюцк електрик мюцкямлийиня* малик олмалыдырлар. Бунлардан башга електрик изолясийасынын йахшы механики мюцкямлик, истилик ютцрмя, кимйяви дайаныглылыг хассяляри олмалыдыр. Ейни заманда, онларын тябиятдя чох йайылмыш хаммал ещтийаты олмалы, истещсал технолоэийасы асан вя еколоьы тящлцкясизлийи олмалыдыр. Юлчц вя чякиляри аз олмалыдыр, монтаь вя тямйри асан олмалыдыр. Эюстярилмиш бир сыра эюстярижиляр бири-бири иля зиддийят тяшкил едир. Мясялян, кичик юлчццц олан изолясийа чох да буюцк електрик мюцкямлийиня малик ола билмяз. Бу жящятдян хцсуси материаллар тяляб олунур ки, бу да тябиятдя эениш йайылмыш хаммалларда аз тясадцф едилир. Изолясийанын щяр щансы бир параметря эюря игтисади сямярялилийини вя оптимал вариантларыны йохламаг олар. Електрик мюцкямлийиня эюря, апарылмыш ашаьыдакы анализляря мараглыдыр: - *Истифадя олунан материалын галынлыьы вя кейфиййятин азалдылмасы, онун електрик мюцкямлийинин азалмасына сябляб олур. Бу вариантда сечилмиш ЙЭ конструксийасы илкин капитал гойулушу иля сярфяли олса да, онлара сонракы иллик айрылмалар вя тямйр хярсяляри артырылмалыдыр. Яксиня, йцксяк кейфиййятли вя лазыми гядяр изолясийа галынлыьы олан вариантда йахшы илкин капитал гойулушу вя мцасир технолоьы емал усуллары тятбиг едилмялидир. Бу да иллик хяржляря эятирилмиш малиййятин артмасына сябляб олур. Щяр ики щалда йарадылан ЙЭ конструксийасынын малиййяти артыр. Она эюря, щяр мянада орта дяряжядя сярфяли олан вариантын цзяриндя даьанмаг лазым эялир.*

Бу критерийалара аид тялябатлардан бири дя електрик изолясийасынын монтаьы, тямйри вя дяйищдирилмясинин асан олмасы вя нящайят сырадан чыхмыш изолясийанын еколоьы жящятдян

тящлцкясиз олмасы вя йа онун асанлыгла чыхдаша верилмяси вя мящв едилмясидир.

Гойулан бцтцн тялябатларын ейни заманда йериня йетирилмяси чох щалларда мцмкцн олмур. Она эюря, щямищя бу тялябатлардан яасларыны юдяйян конструкторынын уйьун вариантынын тапылмасынын мцмкцнлццц важибдир. Бунун цццн щесабатлар ашаьыдакы гайдада апарылыр:

- 1) йени изолясия конструкторынын тятбигиндя алынган иллик игтисади сямря тяйин едилир;
- 2) кейфийят вя техники характеристикалары нязря алынмагла йени мямулатын сонунсу дяйяри щесабланыр;
- 3) техники-игтисади эюстрижиляр эюря йени електрик изолясия мямулатынын ефективлийинин йекин анализ жядвяли тутулур.

Щесабатын сонунжу бянди, фярди йанашма иля, мявжуд олан конструкторы яасында тяклиф едиян йени мямулатын щазырланмасында ян уйьун цсулун сечилмясидир. Йени мямулата эюстрилян яас фунлсийаларынын сахланмасы иля вя она чякилян хяржлярин минимал олдуьу ян уйьун вариантын тапылмасы функционал анализ мясялясидир. Бу мясялянин щяллиндя мямулатын яас вя кюмякчи фунлсийалары нязря алыныр. Садя йолла мягсядя чатмаг цццн бязян бир неча кюмякчи фунлсийалары нязрядян атырлар. Мявжуд изолясия иля мцгайисядя, йени лайищяляндитилян изолясия мямулатларынын мцхтялиф конкрет серийалары цццн минимал хяржлярин щесабатлары ялдя едилир.

Йени конструкторынын тятбигинин эффективлийи ися бир чох эюстрижилярдя асылы олур:-хцсуси капитал гойулушу, йанаж, енерьи вя материал сярфи, мцяссисянин истецсал эцжцнцн артырылмасы, ямяк мящсулдарлыьынын дяйищмяси вя с. бурайа аиддир.

Ямяк мящсулдарлыьынын артырылмасы даща йени вя мцкяммял аваданлыгларын гойулмасы иля тяляб олунан ялавя хяржляря сябяб олур. Тясяррцфат ящямийятли истисмар характеристикаларынын йцксялдилмяси мямулатын щазырланмасы цццн кейфийятли материалын сечилмяси вя она чякилян хяржлярдя асылыдыр. Бязян бу мягсядя няйин даща сямряли олдуьуну тапмаг цццн сечим апармаг лазым эялир:- ашаьы кейфийятли пис мямулатын истисмарына чякилян иллик хяржлярин артырылмасы вя йа кейфийятли мямулатын алынмасы цццн илкин капитал гойулушунун артырылмасы?

Иллик хяржляр вя йа бир дяфялик капитал гойулушунун мцгайисяси цццн щесабатларда бир иля эятирилмищ хяржляр усулундан истифадя едилир [2].

Йени изолясийа конструксийа вя йа элементинин щесаблинамасы вя лайищяляндирилмяси заманы онларын техники-игтисади сямряялилийи вя иллик хяржлярэ эятирилмиш мясряфляри дяйярляндирилир. Йени лайищяляндирилян елементи щесабат елементи кими, онун мювжуд аналогуну ися база елементи кими гябул етдикдя, игтисади еффективлийи ашаьыдакы ифадя иля дяйярляндирияк олар.

$$I_e = M_b \cdot \frac{B_h}{B_b} \cdot \frac{P_b + E_n}{P_h + E_n} + \frac{(A_b - A_h) - E_n \cdot (K_h - K_b)}{P_h + E_n} - M_h \quad (17.1.4)$$

бурада M_b - база мямулатын хяржи, $\frac{B_h}{B_b}$ - ямяк ьящсулдарльыынын артым

ямсалы, $\frac{P_b + E_n}{P_h + E_n}$ -база вя йени щесаблинмыш мямулатын хидмят мцддяти

ямсалы, $(A_b - A_h)$ - база вя йени щесаблинмыш мямулат цццн иллик айырмалар, $E_n \cdot (K_h - K_b)$ - база вя йени щесаблинмыш мямулат цццн капитал гойулушу, M_h - йени щесаблинмыш мямулат хяржи.

Бу критерийалара аид тялябатлардан бири дя електрик изолясийасынын монтаьы, тямиир вя дяйищдирилмясинин асан олмасыдыр.

Нящайят, сырадан чыхмыш изолясийанын еколоьи жящятдян тящцкясиз бир щякилдя мящв едилмяси дя нязяря алынмалы ясак мясялялярдяндир.

17.1.4. Кабелляр вя онларын тикинти гайдалары

Кабеллярин мцхтялиф типляри вя онлара уйьун олан чякилиш гайдалары ЕГГГ-йя ясаян йериня йетирилмялидир. Бу заман ашаьыдакы нормалара ямял олунур:- 1. Електрик стансийаларын яразисиндя кабелляр канал, тунел вя блокларда чякилир. Бу щалда хяндяклярдя йалныз 1-2 кабел узагда олан механики сащяйя, йанажаг анбарына чякиля биляр. Лайищяйя эюря пайлайыжы гурулушдан бир истигамятдя 20-дян чох кабел чякилмяли оларса онлары кабел тунелиндя апармаг лазымдыр. 2. **Щящяр вя гясябялярдя** кабел хяттляри бир гайда олараг йолун щярякят сащясиндян кянарда, пийада жьыьрларынын, техники золагларын вя йашыллыгларын алтынды газылмыш хяндяклярдя чякилир. Кцчялярин кясишмя йерляриндя мцкяммял юртйцкляри вя интенсив щярякятли олан йерлярдя кабелляр блокларда вя борулар ичярисиндя чякилмялидир. Йералты коммуникасийалар сых олан кцчя вя

мейданларда эцж кабелляри коллекторлар вя тунеллярдя чякилмялидир.

3. *Кабел чякилиши гурьуларында, естакада вя тякнялярдя чякилян, истещсал сащяляриня аид кабелляр зирещ цстц вя йа гилаф цстц тез алышан, йангын горхусу олан юртцк материалларына малик олмамалыдырлар. Електрик стансийаларынын дахилиндя полиетилен изолйасийалы эцж вя юлчц-нязарят кабелляринин чякилмяси гадаьандыр. Чцнки онлар температурдан тез йумшалыр вя йанаркян зящярли газлар айрылыр.*

4. *Щярякятли механизмляр цццн чевик- резин изолйасийалы кабелляр истифадя едилмялидир.*

5. *Вертикал вя дик йерляр чякилян кабеллярин 35 кВ-а гядяр сечилмиш типляри ахыжы олмайан щопдуружу кцтля вя йа пластик изолйасийалы олмалыдырлар.*

6. *Ятраф мцщитин мцхтялиф сащяляри (мешя, даь, гайалыг, йол вя.с) олдуьу йерлярдя, кабел чякилиши яразинин ян мцряккяб йери цццн нязря алынмыш кабелля апарылмалыдыр. Бу заман, яяр яразинин ращат щиссяси, кабеллин муфтасыз чякилиш тикинти узунлуьунда оларса, бу щиссядя кабеллин типини дяйишмяк олар.*

7. *Йени чякилиши заманы, 1-10 кВ, ен кясийи 3*95 мм² олан кабел хяттляриндя 1 км мясафядя 4 муфта, 3*120 –3*240 мм² ен кясикляриндя ися ян чоху 5 муфта гойулмасына ижазя верилир. 20- 35 кВ эярэинлик кабелляриндя ися, 6 муфта гойула биляр.*

8. *Ири сянайе мцяссисяляринин мейданчаларында кабелляр естакадаларда (чякилян кабеллярин сайы ондан чох олдуьда)чякилир.*

9. *Хяндякдя йалныз зирещли кабелляр чякилир.* Онларын гилафы агрессив мцщитдян хцсуси мцщафизя юртцйц иля горунур. Хяндякдя йералты чякилиш цццн коррозийайа гаршы давамлы, алиминум вя цстцндя ПВХ юртцйц олан кабеллярин чякилишиня дя ижазя верилир.

10. *Кабеллярин йералты хяндяклярдя б ядяд олан сайа гядяр чякилиши игтисади жсяцятдян сярфялидир.* Онларын хяндякдя ара мясафяляри 200-300 мм артырылмасы тьовсийа едилир.

11. *Су алты кабел чякилишлярдя, йалныз даиряви зирещли кабелляр истифадя едилмялидир. Мцмкцн гядяр су алты кабелляр бир тикинти узунлуьунда вя муфтасыз олмалыдыр. Су алтына чякилян кабелляр сащил гурьулары васитяси иля су алты хяндяйя дахил едилирляр. Су алтында ися хяндякляр газылыр, кабел чякилдикдян сонра цстцня гум кисяляри дцзццр вя онларын цстцндян ири дашлар атылыр. Бу мягсядя бир дамарлы кабелляр ишлядилир. Резин изолйасийалы вя ПВХ шланглы кабеллярин су алтында чякилмяси гадаьандыр.*

12. *Йералты сцрцщмяляри олан яразилярдя вя щавада чякилян кабеллярин полад мяфтил зирещи олмалыдыр.*

Даща йцксяк эярэинликли кабеллярин тикинтисиндя хцсуси биналар, ялавя гурьулар вя аваднлыглар лазым эялир. Мясялян, 110-220 кВ йаь долдурулмуш кабелляр цццн мцяййян мясафялярдя йаь тязйигини сахлайан бина дахили стансийалар олмалыдыр. Йцксяк эярэинликли

ХЛПЕ изолясийалы кабеллярин чякилишиндя ися, цуми узунлубун 1/3 мясафляриндя транспозисийа вя торпагланма мянтыгяляр и гурулмалыдыр.

Башга сюзля ихтийари електрик-енерэтика гурьусунун тикинтиси вя йа чякилиш-монтабы заманы щям еколоби, щям дя торпаг сащясинин тутулмасы кими мясяляляр мейдана чыхыр.

17.1.5. 110 кВ композит тяркибли «РАЙХЕМ» муфталары

Сон иллярдя Азярбайжанда електрик щябьякялари, стансийа вя йарымстансийаларын инкишафы, чохла сайда монтаж вя тямир ишляринин апарылмасына ецтийаж доьурур. Йцксяк эярэинликлярдя ишлядилян алчаг вя орта тязигли йаьлы кабеллярин монтабы, арматурлашдырылмасы вя истисмары чох бацалы вя техники жящятдян сямярясиз бир сащя иди. Бу мясядя йени технолозийалар, материал вя мямулатлар тятбиг едилер. О жцмлядян ХЛПЕ изолясийалы йцксяк эярэинлик (35-220 кВ) кабеллари, силикон эювдяли гейри хятти эярэинлик мящдудлашдыржылары ГХЭМ, дайаг вя кечид изоляторлары, йени полимер тяркибли дахили вя харижи экранлар ишлядилер.

Йаь долдурулмуш кабеллярин муфталанмасынын тикинтиси вя монтабынын техники вя игтисади чятинликляри вя йухарыда эюстярилмиш дизяр сябьяблярля ялагядар, онлары композисийа тяркибли муфталарла явяз едирляр. Пластмасларын тяркибляри, емал технолозийасы, онларын композисийалары о жцмлядян, истиликдян бццщян полимер композитляри буюцк перспективляр вя эениш имканлар ачмышдыр. Йухарыда истиликдян бццщян 6-10 кВ кабел муфталары щагында мялумат верилмишдир. Сон иллярдя 110 кВ вя ЙЭ-дя бу тип муфталарын монтаж вя тямир ишляринин елми ясаалары вя технолоби ардыжыллыбы верилмишдир.

Бу сащядя Алманийанын «РАЙХЕМ» фирмасы биринжиляр сырасында, эярэинлийи 123 -175 кВ олан муфталар бурахмышдыр. Онлар ЭФР тяркибли композит эювдялярдян ибарятдыр. Эювдя щщя лифляр вя силикон кюйнякляр васитяси иля эцжляндирилмишдир. Силикон кюйнякляр щщя бору цзяриня билаваситя тюкмя технолозийасы иля чякилер. Бу технолозия Рус вя Азяризолит композит технолозийасындан фярглидир [18]. Бу, щямин муфталарын атмосферин аьыр чиркляння дяряжяси вя йцксяк муфта дахили тязигляр олан щяраитлярдя ишлямясиня имкан верир. Трекингя гаршы давамлы композит эювдя алыныр.

Онларын Техники шяртляри БЕК 60071-1-1996 вя ИЕЕЕ -1313 1-1996 –а уйбундур. Бея эярэинлик синифляри истифады едилян, бцтцн диэяр юлкялярдя дя щямин «Техники шяртляр» гябул едилмишдир. Азярбайжан «Шимал» Електрик стансийасында 2003-жц илдян 110 кВ електрик ютцрцжц хяттлярин кабел эиришляриндя бу муфталардан истифады едилир.

Монтаъ ямялиййатлары апарылдыгда тялиматларда эюстярилян ардыжыллыглара жидди ямял едилмялидир. «ТЙЖО Електроникс» фирмасынын, ЭУРО, Щеллстерн, СИМЕЛ, Украина тямсилчяляри юз тяряфляриндя бу муфталарын тямилляшдирилмяси цццн монтаъ аксесуарлары, хомутлар, сыхажлар, дахили экранлары, кипляшдирижи вя долдуржу материалларынын цзяриндя чохлу тядгигат ишляри апармышлар. 110 -220 кВ ЙЭ-дя экранлар важиб рол ойнайыр. Бу бцтцн муфталарда, кечид изоляиторларында гапаглара вя фланесляря йахын йерлярдя електрик сащясини тязимлямяк цццн тятбиг едилян ясас элементлярдир. Силикон тяркибли кечирижи кцтлядян щазырланыр. Онлар мцтляг БЕК 60840 вя ИЕЕЕ 48 стандартлары иля завод сынагларындан кечирилир [51].

ХЛПЕ изоляисийалы кабелляр конструкторийа элементляриня эюря йаъ додурулмуш, кабыз изоляисийалы кабелляря нисбятян саядирляр. ЙЭ МНСК вя МВДТ йаълы кабелляри кими тьяк дамарлы олурлар. ХЛПЕ конструкторийалары ардыжыллыггла *дамар, дамар цстц йарымкечирижи ЙК экран , изоляисийа, изоляисийа цстц ЙК экран, изоляисийа цстц йастыг (йумшаг долбу), мяфтил вя йа лентиякилли фолга экран, зирец вя мцщафизя шлангындан* ибарят олур. Азярбайжанда истифады олунан маркалары 2ХС(Фл)2Й- дир. Бурада, *2Х- чарпаз баълы тикилмиш полиэтилен, С-дамар вя изоляисийа цстц экранлар, (Фл) – дамарын чох мяфтилли олмасы (Флехибилл-чевик), 2Й – ики гат долбу вя мцщафизя шлангынын олмасы* демякдир.

Бу саящяда, 2010-жу илдя Сумгайыт шящяриндя Азяренеръи АСЖ-нин планлащдырдыъы бея бир кабел истецсалы заводунун тикинтиси баша чатдырылажагдыр. Бу ишлярин комплекс щялли цццн, кабелляря йанашы онларын монтаъ арматурлары, бирляшдирижи вя сонлуг муфталары вя диэяр шябьякя элементляринин мцхтялиф модификасийалары инкишаф етдирилир.

123-175 кВ-луг ОЩВТ маркалы сонлуг муфталары «РАЙХЕМ» фирмасынын сон технологийаларла щазырладыъы композит тяркибли конструкторийалардыр[1]. Онлар **ОЩВТ (123-175) ЖВ-21-50 УА кими маркаланыр**. Йцксяк эярэинликли, тикилмиш полиэтилен изоляисийалы кабеллярин щямин муфталара бирляшдирилмяси електрик шябьякяляринин монтаъ вя тямйри заманы ян чох раст эялинян

ишлярдяндир. 110 кВ вя йцксяк эярэинликли аваданлыбын монтабы вя йа тямири цццн, юлкямизя щямишя харижи мцтяхяссисляр дявят олунур. Лакин бу сащядя, бир чох ишляр юз мцтяхяссис вя техники ишчиляримизля щялл едиля биляр. 110-220 кВ сонлуг вя бирляшдирижи муфталарын монтабы бу сырадандыр. Чцнки, ХЛПЕ кабеллярдя хцсуси щазырлыг ишляри, гурью вя аваданлыбья ещтийаж йохдур. Бунлар муфталарын монтаж тяматларында, ещтийат парчаларынын монтаж гайдаларында изащ едилир.

ЙЭ аваданлыбынын нормал ишинин ясасыны електрик сащясинин экранларла тязимлянмяси, бярабярляшдирилмяси вя дцзэцн монтабы тяшкил едир. Апарылан арашдырмаларда бунлара хцсуси диггят верилир. Муфтанын эювдясинин електрик щесбатындан онун узунлуью, ятякляринин сайы вя формасы тйин едилир. Фарфордан фяргли олагаг, композит эювдяли муфталарда хцсуси сятци ямсалын гиймяти 5 см/кВ чатыр. Бунун сябьяби мясамяли фарфора нисбятян ($\epsilon_{\phi} \approx 7$), композит материалын диелектрик нцфузулуьунун ($\epsilon_m \approx 3.2$) кичик вя щидрофоб хасяси олмасыдыр. Конструксийасына эюря дя, харижи эювдянин узунлуью онларда сятци бошалмаларын гаршысыны алыр. Чархларын радиал юлчцляри ися, конструктив мцлащизяляря эюря, дахили изолясийанын галынлыбы, формасы вя экранларын конструксийасындан асылы олур.

§13.1.4-дян эюрцндцйц кими, сонлуг муфталарында изолясийаны эцжляндирмяк цццн истифадя олунан муфталар цч щиссядян ибарятдир шяк.13.1.7,13.1.9: -бярабярляшдирижи конус (*аб*), кабелин заводда щазырланан изолясийасындан сялис олагаг муфтанын эцжляндирилмиш изолясийасына кечид тяшкил едир; цилиндрик щисся (*бж*) вя тярс коник щисся (*жд*)-дир. Тярс коник щисся, юз нювбясиндя изолясийасынын максимал диаметриндян сялис олагаг дамара кечид тяшкил едир. Бярабярляшдирижи конусун узунлуью вя формасыны тйин етдикдя муфтада танэенсиал ЕСЭ-ни нязря алмаг лазымдыр § 13.1.5, шяк.13.1.13. Танэенсиал ЕСЭ-нин максимал гиймятляри, бярабярляшдирижи конусун йерля бирляшдирилмиш экранла тохундуью нюгтяляриндя олажагдыр.

Экранлашдырма еффекти вя бошалма эярэинлийинин артырылмасы мягсяди иля, фарфор эювдяли муфталарда сонунжу конденсатор кюйнайинин (l_n -нин) узунлуью фарфор эювдянин харижи арматурундан 15-20 % буюцк ($0,15 \div 0,2 l_{\text{бошфар}}$), эютцрцлцр (шяк.13, б нюгтяси). Щямин методика ОЦВТ муфталарына да аид едилир. «РАЙХЕМ» ОЦВТ композит муфталарында шяк.17.1.1-дя, эюстярилян формада коник силикон экран вардыр. Щямин экран монтаж алтлыбындан йухары истигамятдя (кабелин монтаж истигамятиндя) 29 см

мясафядя вя щямин юлчцдзян 2 см ашабы сывиййя тахылыр. Она эоря, бу 2 см-лик йарымкечирижи золаг сцртцляряк активляшдирилмялидир.

Ейни принципля, кабелін ужу иля, цст гапаг арасында $0,25 L_{\text{бон}}$ гядяр мясафя сахланыр - *д нюгтяси*. Бу мясафя муфтанын ичярисиндя олан тахма ужлугла - *штеккерля* тамамланыр.

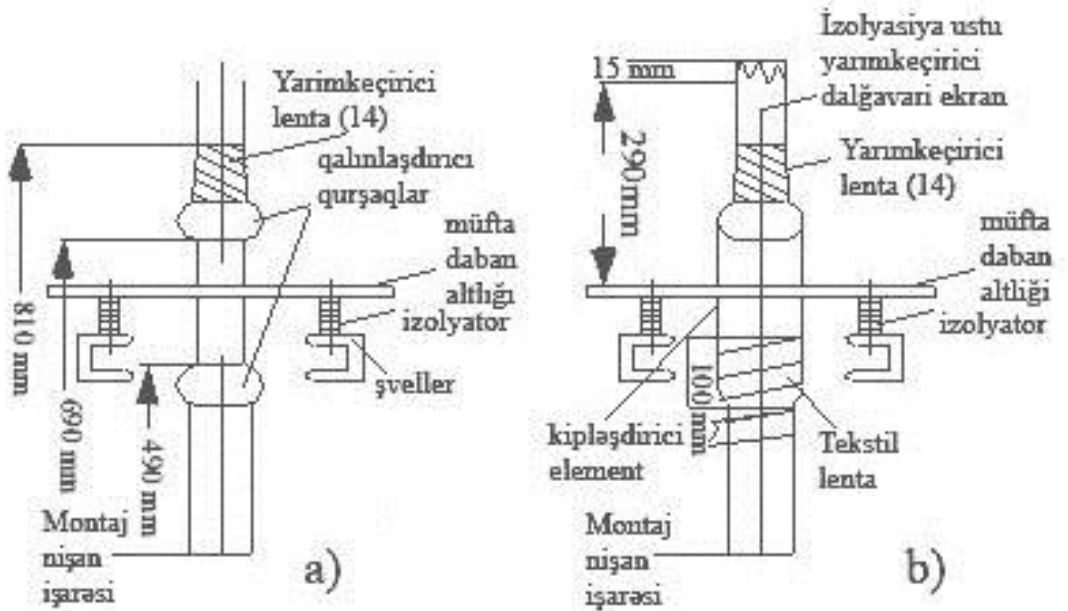
Muftaların montajının texnoloji mərhələlərinə baxaq: Birinci mərhələdə kabel montaja hazırlanır. O qızdırılır, düzəldilir, şvellerin üstündən 50 sm aşağı, yuxarı ucu dayağın üstündən 10 sm yuxarı vəziyyətə gətirilir. Aşağı 50 sm-ə işarə qoyuurlar. Ondan 750 mm irəli, 40 mm enində çevrə boyu kabelin mühafizə örtüyü aşılır. Bu halda 40 mm məsafə, işarə istiqamətində arxaya tərəf ölçülür. Bunun üçün kabel həmin yerində 70°C -ə qədər qızdırılır və komplektdə olan sapla sektor şəkilində parçalarla kəsilib çıxarılır. Soyulmuş örtüyün altından çıxan izolyasiya üzərində olan ekran məfilləri, kabelin əks ucuna tərəf arxaya qatlanır.

Икинжи мярцялядя кипляшдирижи элементляр монтаж едилір. Бунун ццн яввялжя, комплектдя олан 14 №-ли йарымкечирижи лентадан *690-810 мм* арасында, конус формасында йарымкечирижи экран сарыныр *шяк.4а*). Йарымкечирижи экранын кичик конус отуражабы кабелін йахын ужуна (810мм), бюйцк конус отуражабы яс (690мм) тяряфя дцшмялидир. Бундан сонра, 750 мм сывиййядян ясас ишаря хяттиня тяряф ики йердя, 50 мм еиндя (комплектдя 16 Но-ли элемент) юзц йапышан лентадан галынлашдырыжы сарылар гойулур *шяк.17.1.1а*. Галынлашдырыжы йастыглар сарындыбы заман, комплектдя олан кипляшдирижинин ич диаметри нязря алыныр. Чцнки нювбяти ямялиййатда щямин йастыглар цзяриня кипляшдирижи юртцк эейиндирилир вя гыздырылыр.

Ццнжц мярцялядя торпаглама ишлямяри эюрцлир. Бунун ццн кипляшдирижи элементин ашабы щиссясиндя экран мяфтилляри торпаглайыжы кими истифадя едилір. Мяфтиллярин алтына чопур метал лента (тюрпц) гойулур. Мяфтилляр яввялжя архайя, кипляшдирижинин цстцня гатланыр. 2-3 гат мис щюрэц сарынмагла фикся едилір. Бунун цзяриня ися, тюрпцляри сыхан винтли хамутлар баъланыр. Сонра бу торпаглама системи бцтцвльцкдя текстил лента иля кип сарыныр, *шяк.17.1.1. б*. Текстил лентанын алтына мастикалы лента сарыныр. Бундан сонра щерметкляшдирижи бору шякил *17.1.1 б*)-дя эюстярилян 100 мм мясафяйя гядяр кипляшдирижинин цзяриня сцрцщдцрцлцр вя биширилир. Биширилмя йухарыдан ашабы истигамятя тяряф, ужлардан йапышганлы паста чыхана гядяр давам етдирилир.

4-б-жы мярцялялярдя изолйасийя цстцндяки йарымкечирижи экран отуражагжан 290 мм-лик мясафяйя гядяр сыйрылыб тямизлянир *шяк.17.1.1 б*). Тямизлянмиш изолйасийя щиссясиндя даща 310 мм иряли

мясафядя, кабелін дамары 90 мм юлчця кясилиб ачылып. Беяликля алт отуражабын цстцндян кабелін 690 мм-лик узунлуьу галыр. Сонракы мярщялядя изолйасийа цзяриня бярабярляшдирижи силикон экран тахилыр. Силикон экраннн ичи вэ кабел изолыасийасинн усту яагланыр. Экран изолыасийаа буруларак тахилыр. Экран алт тэтэfdдн 290мм-лик ярымкечиричи вэ уст тэрэfdдн 15мм-лик далгавари лэчэклэрин алтнда 20 мм-лик бир золаь сэвиьуэсини ортмэлидир. Шэь.17.1.1б). Соьулмуш изолыасийа узеринэ тахилмуш силикон экранлар вэ ачылмуш дамарлар “Уайт спирт” вэ яа *АІ-70 бензинлэ* синиб тэмизлэнир. Яарышқан излэринин қалмамасы учун, бэрэбэрлэшдириь екран уст тэрэfdдн яарышқансыз кагыз лента илэ мувэьқэти бэркидилир. Кагыз лентанннн ачылмамасы учун, устундндн 2-3 қат изолыасийа лентасы сарннр.

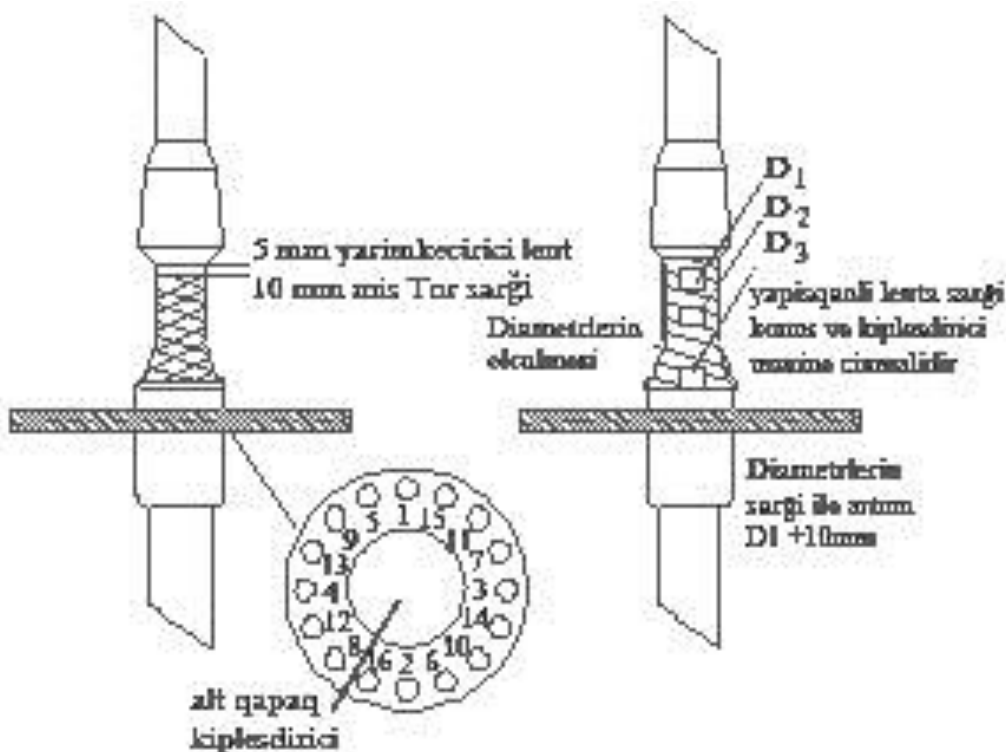


Шэь.17.1.1. Montajn 2 вэ 3 –сү мэрхэлэси а) муфтанннн торпақланмасы, б) муфта торпақланмандан сонра вэ изолыасийа усту далгавари ярымкечиричи экран

Сонра бэрэбэрлэшдириь конусун алтнна 5мм ара қалмақла, ашагн иситқамэтдэ қалннлэшдириьуа қэдэр 1 қат ярымкечиричи лента сарннр. Бу лентаннн узериндн мис тор сарннр. Мис тор силикон экрана тохунмамак учун 10 мм ашагдан сарннр. Ярымкечиричи лента вэ мис тор кiplэшдириьиннн устуну 10-15мм ортюр. Мис тор узериндн yenидн, конусун там алт боғазнна қэдэр яарышқанли изолент сарннр шэь.17.1.2 [43, 54].

Sonra ştangelsirkul vasitəsilə, şək.17.12.-də göstərilən 3 yerdən diametrlər ölçülür. Əlavə olaraq D1, D2, diametrləri üzərinə 10 mm, D3 diametri üzərinə isə, 20 mm qalınlığında artıq izolenta sarınır.

Elektrik sahəsi qalınlıq üzrə zəifləyərək ətrafa bərabər şəkildə yayılır. Ekarnaların təmizlənməsi zamanı kabelin ucuna tərəf yuxarı isitqamətdə bərabərləşdirici dalğavari ləçəklər açılır şək.17.1.1 b. Dalğavari ləçəklərin maksimal və minimal ölçü fərqi ~15 mm olur.

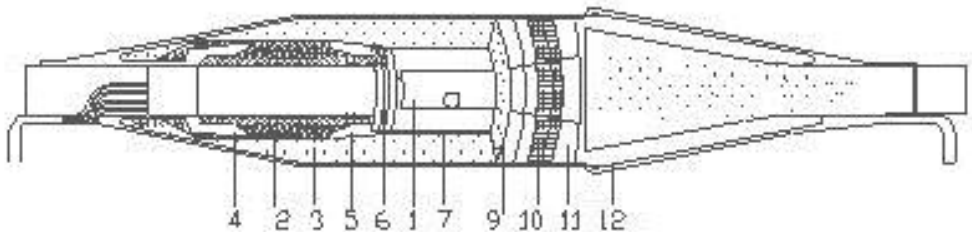


Шяк.17.1.2. Монтағын 6-жы мярцялясиндян сонракы вязийят.7-жи мярцяля ццн алт гапағын 16 яяд болтларынынын сыхылма ардыжыллыы верилп.

Бцтцн йцксяк эярэинликли бирляшдирижи говшаг вя дццнлярдя олдуу кими, муфталарда да щерметикляшдирмя *важиб шяртлярдяндир*. Бунун ццн муфта комплектиндя хцсуси материаллар вардыр. Ялавя олараг бу муфталарда, йцксяк ахыжылыыа малик силикон долдуружу тяркибли изолйасийа кцтляляри, йаьлар вя с. истифадя едилп. Силикон йаьлар муфта монтаж едилдикдян сонра цст щиссядя олан гапаг дешийиндян долдурулуp. Долдурулан силикон йаьын сывиййяси гапағын алтындан 100 мм ашаы олмалыдыp.

Муфтанын комплектиндә хәсуси кипляшдирижи арагатылар вардыр. Монтаъ заманы алт вә цет гапагларын хәсуси жыбырлары олан чухурлара вә штеккерин боъазына ики йердән комплектдә олан щямин «О» шякилли арагатылар гойулур. Гойулмаздан яввял бу арагатылар силикон мастика иля йаьланмалыдырлар.

110 кВ ХЛПЕ изолйасийалы кабеллярин бирляшдирижи муфталары даща мцряккяб конструксийайа маликдирляр. Онларда дахили экранларын гурашдырылмасы ики жцр олур: -тясирляри айрылан экранлар вә щяр ики тьярәдән ейни шякилдә тьясир едән экранлар шяк.17.1.3.



Şəkk.17.1.3. “RAYXEM” 123 kV birləşdirici mufta 1-mexaniki birləşdirici, 2-Keçid adaptoru 3-muftanın gövdəsi, 4-ESG bərabərləşdiric konus, 5 Yüksək gərginlik elektrodu, 6-fiksator həlqəsi, 7-ekranlaşdırıcı metal sıxac, 8-ekranın lehimsiz birləşdirilməsi 9-keçirici boru, 10 –Mis hörgülü tel, 11-İzolyasiya borusu, 12-Nəmliyi bloklayan xarici örtük

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Гасанов Кара Абдулазим о. родился 1947 г. В Казахском районе Азербайджана. Научно-педагогическую деятельность начинал в 1970 году, с должности ассистента на кафедре «Электрические машины и приводы» известного ученого, академика Ягуб Бала оглы Кадымова. Работал на различных должностях «Электротехническом факультете» Азербайджанского Технического Университета.

С 1974 по 1978 учился в аспирантуре на кафедре «Техника высоких напряжений» (ТВН) Московского Энергетического Института. За это время разработал и применил интегральные методы расчета электромагнитных переходных процессов в линиях электропередачи высокого напряжения, большой протяженности. Эти методы, как наиболее универсальные и точные, в настоящее время пользуются в расчетах перенапряжений в высоковольтных электрических сетях Азербайджана. Для ведения научно-исследовательской работы они применяются также и на кафедре ТВН Московского Энергетического Института. Многие задачи по этому методу решаются в лабораториях АзТУ. Составляются новые программы расчетов на «МАТЛАБ»е.

Доцент Гасанов К.А. в настоящее время продолжает работать преподавателем. Читает лекции по предметам «ТВН», «Расчеты и конструирования систем электрической изоляции» и «Электрическая часть станций и подстанций».

Представленная книга является дополненным учебником по последним учебным программам «ТВН» и «ЭИЗТ». При этом она также посвящена к общенаучным вопросам близкие к практике в данной области. В первых 2-х главах как и в традиционных учебниках этой области, рассматриваются электрофизические процессы в газах, жидкостях и твердых материалах под действием высокого напряжения. Даются анализы возникновения и искажения электрического поля в реальных системах электродов. В аспекте регулирования и управления электрического поля рассматриваются вопросы внешних и внутренних экранов. Уделяются внимание на оптимальные конструкции экранов и местам их монтажа в высоковольтном оборудовании. Приводятся расчеты коммутационных и грозовых перенапряжений в ЛЭП и в узловых подстанций высокого напряжения. Для этих задач, в отличие от традиционных учебников, даются методы на базе интегральных преобразований. С их помощью разработаны программы расчетов, которые для реальных параметров систем, реализованы в электрических сетях. В книге рассматриваются вопросы испытания и координация изоляции. Уделяются внимание на вопросы защиты и защитные

устройства изоляции от перенапряжений. Особое место при этом уделяется на образования грозовых облаков и происхождению грозы.

Далее в книге рассматриваются тепловые процессы в изоляционных конструкциях. Описываются причины и физики возникновения тепла в изоляции при высоких напряжениях. Приводятся тепловые расчеты в цилиндрических и плоских конструкциях изоляции при высоком напряжении.

Рассматриваются кабели и кабельные арматуры как для традиционных высоковольтных кабелей с бумажной изоляцией, так и для кабелей марки 2XSY – со сухой сшитой полиэтиленовой ПЕ изоляцией. В последнее время для кабелей со сшитыми ПЕ изоляциями применяются муфты ОНВТ немецкой фирмы «РАЙХЕМ». В книге даются общие научные принципы регулирования электрического поля внутри муфты. Даются точные карты разделки кабеля и технологии монтажа муфты РАЙХЕМ.

Кроме указанных, в книге даются конструкции основной и продольной изоляции силовых трансформаторов. Описываются причины возникновения и распределение электрического поля внутри трансформатора. Показаны способы расчета основной и продольной изоляции в различных частях обмоток ВН, СН, НН.

В последней 17-ой главе книги даются технико-экономические задачи предмета и вопросы экологии связанные с высоким напряжением и применяемой изоляцией.

AFTERWORD

Gara Abdulazim Hasanov was born in 1947 in the district of Gazakh, Azerbaijan. He started his scientific-pedagogical activity in 1970 in the position of an assistant in the department of “Electric machines and driving gears” chaired by a renowned scientist, academician Yagub Bala Kadimov. He worked in various positions in electrotechnical faculty of Azerbaijan Technical University.

From 1974 to 1978 studied in post-graduate course at the department of “High Voltage Engineering” HVE of Moscow Energy Institute. For this period developed and applied integral methods of calculation of electromagnetic transients in lines of high voltage electricity transmission and great extension. Presently these methods are used as much more universal and exact in calculations of overvoltage in high-voltage network system of Azerbaijan. They are used for conduction of research as well as at HVE of Moscow Energy Institute. Most tasks are fulfilled by this method at laboratories of Azerbaijan

Technical University. They arrange new programs of calculation on “MATLAB”.

Senior Lecturer Gara Abdulazim Hasanov is still working as a pedagogue. He lectures on subjects of “HVE”, “Calculations and Construction of Electrical Isolation Systems” and “Electrical annex of stations and substations”.

The introduced book is a complemented course as to the latest curricula of HVE and Electro-Isolation Technology”. At the same time it’s also dedicated to general scientific issues close to the practice of given field. There’s examination of electrophysical processes in gases, liquids and solids under high voltage in this book as well as in those of traditional studies. There’s analysis of emergence and distortion of electric field in real systems of electrodes. In regulation and management of electric field aspects, interior and exterior screens are all examined. Optimum construction of screens and their assemblage points on high-voltage equipment are paid special heed to. Calculation of switching and lightning surges at Power Line and substations of high-voltage is conducted. For these tasks, different to traditional courses, there are integral transformation methods to be applied as a solution. With their assistance there’ve been developed programs of calculation realized in network system for real parameters of systems.

There’re issues of testing and isolation coordination investigated in the book. Issues of safety and security isolation facilities against high voltage are dealt with in the book. Simultaneously another special space is spared to the formation of lowering clouds and their source as well.

Further, thermal processes in isolation constructions are examined. Causes and physics of heat emergence in isolation under high voltages are described. Thermal calculations inside cylindrical and flat constructions of isolation under high-voltage are conducted.

Cables and cable armature are examined for both – traditional high-voltage cables of paper isolation and 2XSY-mark cables of dry sewn polyethylene PE isolation. Lately cables of sewn PE isolation are applied OHBT couplings on, by German “Raychem” mark. There’re general scientific principles included in the book on regulation of electric field inside couplings. Exact cable termination maps and “Raychem” coupling assemblage technology is described.

Besides the mentioned, construction of principal and lengthwise isolation of power transformers are included into the book, too. Causes of emergence and distribution of electric field inside the transformer are explained. Calculation of principal and lengthwise isolation in various parts of HB, MB, JIB windings is shown.

Technical-economic tasks of the subject and ecology issues in connection with high voltage and applied isolation are explained in last Chapter 17.

ИСТИФАДЯ ОЛУНАН ТЕХНИКИ ЯДЯБИЙАТЛАР

1. «Техника высоких напряжений» Под общ. ред. В. П. Ларионова. Энергоатомиздат 1986 г.
2. «Проектирование электрических аппаратов» Под редакцией Г. Н. Александрова Ленинград Энергоатомиздат 1985 г.
3. Т.И. Шахтактински «Газларда електрик бошамаларынын хцсуси мясяляляри» АДНА , Багы 2003 ил
4. Э. Джури «Импульсные системы автоматического регулирования» Гос. Изд. Ф.М. литературы М. 1963 г.
5. К. А. Гасанов «Расчеты перенапряжений в цикле АПВ с помощью Z-преобразования» М. МЭИ 1978 г.
6. Д.В. Разевиг, М.В. Соколова «Расчет начальных и разрядных напряжений газовых промежутков» М. Энергия 1977 г.
7. Г. С. Кучинский, В. Е. Кизеветтер, Ю. С. Пинталь «Изоляция установок высокого напряжения» Энергоатомиздат М.1987 г.
8. А. И. Долгинов «Техника высоких напряжений в Электроэнергетике» Энергия Москва 1968 г.
9. С. А. Бажанов, В. Ф. Воскресенский «Профилактические испытания изоляции оборудования высокого напряжения» М. Энергия, 1977 г.
10. Г. Н. Александров, В. Л. Иванов «Изоляция электрических аппаратов высокого напряжения» Л. Энергоатомиздат. Ленинград отделение 1984 г.
11. Я. С. Ицхоки, Н. И. Овчинников «Импульсные и цифровые устройства» М. Советское радио 1972 г.
12. А. С. Розенфельд, Б. И. Яхинсон «Переходные процессы и обобщенные функции» Изд. Наука Ф-М литер. М. 1966 г.
13. Г. И. Сканави «Физика диэлектриков» (область сильных полей) М. Госиздат. 1958 г
14. Мик Дж., Крегс Дж «Электрический пробой в газах» М. И. Л. 1960.
15. Г. Н. Александров, В. В. Борисов, В. Л. Иванов, «Теория электрических аппаратов высоких напряжений» Под ред. Г.Н. Александрова М. Высшая школа, 1985 г
16. Г. С. Кучинский «Частичные разряды в высоковольтных конструкциях» Л. Энергия. Ленинградское отделение, 1979 г.
17. П. М. Тихомиров «Расчет трансформаторов» Учебное пособие для вузов- 4-е издание, переработ, и доп., М. Энергия, 1976 г.

18. Э. Т. Ларина «Силовые кабели и кабельные линии» М. Энергоатомиздат, 1984 г.
19. Г. Я. Щясянов «Електрик изолйасийасынын щесаблинмасы вя лайищяляндирилмяси» Ы щисся Бақы – 1993 ил.
20. В. В. Базуткин, В. П. Ларионов, Ю. С. Пинталь `Техника высоких напряжений`. Изоляция и перенапряжения в электрических системах М. Энергоатомиздат 1987 г.
21. А. С. Розенфельд, Б. И. Яхинсон Переходные процессы и обобщенные функции Изд. Наука Ф-М литер. М. 1966 г.
22. И. П. Верещагин, Л. М. Макальский, В.С. Морозов Электрофизические процессы в облаках МЭИ, М.1986 г.
23. Ч. М. Джуварлы `К теории перенапряжений от заземляющих дуг в сети и изолированной нейтралью` ж.Электричество№6 1953 г.
24. М. Л. Левинштейн `Операционное исчисление в задачах электротехники` М-Л Энергия 1971 г.
25. С. Д. Лизунов, А. К. Лоханин «Трансформаторы, перенапряжения и координация изоляции» Энергетика за рубежом Москва Энергоатомиздат 1986 г.
26. Г. А Мамедов «Методы расчета переходных процессов в цепях с распределёнными параметрами при последовательных во времени коммутациях» Изв. Вузов Энергетика Минск № 7 1981 г.
27. Жадович, Хелета, Абадьич Журич «Расчетные и экспериментальные исследования коммутационных перенапряжений на линиях электропередач высокого напряжения», Энергетика за рубежом» Трансформаторы. Перенапряжения и координация изоляции Москва Энергоатомиздат 1986
28. Я. Б. Кадымов, З. Я. Кулиев, К. А. Гасанов `Метод расчета переходных процессов в линейных системах с распределёнными параметрами на основе теории импульсных систем` Изв. Вузов Энергетика 4, 1975 г.
29. Г. А. Мамедов «Расчет перенапряжений при пофазном включении трехфазной длинной линии» Проблемы Энергетики № 1 г. Баку 2000 г.
30. Х. И. Набиев, Г.С. Садыгов, Н.И. Оруджев «Заземление нейтрали сетей 6-10 кВ с помощью управляемого высоковольтного коммутатора и резистора» Промышленная Энергетика №3, 1998 г.
31. И. П. Верещагин, Л. М. Макальский, В. С. Морозов «Электрофизические процессы в облаках» МЭИ Москва 1986 30. В. И. Гавриков, Г. А. Евдокунин, Л.В. Петракова Методы и алгоритмы расчета внутренних перенапряжений на ЭЦВМ Труды ЛПИ 340 1974 г.
32. К. П. Кадомская, Л. В, Маркявичус О выборе метода решения при расчетах внутренних перенапряжений Изв. Вузов Энергетика 5 , 1974 г.

33. Б. И. Ковалёв «Методы численного расчета электромагнитных переходных процессов в узловых точках электропередач сосредоточенные реактивные элементы» Изв. СОИ АН СССР серия Технические Науки 3 1968г.
34. Г. Я. Щясянов, Ш. М. Щцсейнов, Э. Н. Ялийева Йцксяк эярэинликляр вя електрик изолясийа техникасында лабораторийа ишляриня даир методик вясайт Баку, Аз.Респ. Тящсил назирлийи 28-04-2003, 18 сайлы протоколла тясдиг едилмишдир, Чашоьлу, 2003 ил
35. В. Д. Абрамов, М. В. Хомяков «Эксплуатация изоляторов высокого напряжения» Энергия Москва 1976 г.
35. «Воздушные линии электропередачи» Под Редакцией В. В. Бургсдорфа СИГРЭ-80 Москва 1982 г.
36. Х.И. Набиев, Г.С. Садыгов, Н.И. Оруджев, И.М. Мамедов « Анализ переходных процессов в сетях с изолированной нейтралью при замыканиях на землю методом математического моделирования» АзНИИЭЭП – Баку 1997 г.
37. В. В. Афанасьев, Э. Н. Якунин «Разъединители» - Л. Энергия, 1979 г.
38. «Вакуумные коммутационные аппараты за рубежом» -М. Информэлектро, 1982 г.
39. М. Ф. Гарднер и Дж. Л. Бэрнс «Переходные процессы в линейных системах» Физ-Мат ГИЗ Москва 1961 г.
40. В. Н. Борин, М. К. Ярмаркин «Расчет и оптимизация электрического поля разъединителя высокого напряжения в элегазе» -Л. Труды ЛПИ имени М.И. Калинина 1980 г.
41. И. П. Кужекин «Испытательные установки и измерения на высоком напряжении. М. Энергия, 1973 г.
42. Ю. П. Толстов, А. А. Теврюков «Теория электрических цепей» Москва высшая школа , 1971 г.
43. С. Д. Холодный, Э. Т. Ларина, В. М. Леонов «Конструирование изоляции кабельных изделий» МЭИ Москва 1988 г.
- 44 Рюденберг «Математика для электро-радио инженеров» Издательство «Мир» Москва 1976 г.
45. Г. А. Гасанов «Учет влияние короны в длинных линиях электропередачи» Труды МЭИ выпуск 304 Москва 1977 г.
46. Y. B. Kadyrov, G. A. Mamedov, K. A. Gassanov `Studies of System Generated over Voltages In Poluphaze Elektric Cirts With Distributed Parametrns on the Bazis of diskrete Functions «Amsterdam-Nevvork 1980»
47. Г. Я. Щясянов, Д. М. Рцстямова «Шцшы пластик изоляторлара йарымкечирижи юртцк чякилмяси» Бейнялхалг Конференсийа, тезисляр Азярб. Нефт кимйа институту1988 ил.

48. Х. И. Нябийев «Нейтралы изоля олунмуш шябьяклярдя бирфазлы йерля металлик бирляшмя заманы йаранан ифрат эярэинлик», Конфранс «Игтисади ислащатлар шяраитиндя Азярбайжан енергетикасы» Багы 1995 ил.
49. Я. Б. Кадымов «Переходные процессы в системах с распределёнными параметрами» Москва «Наука» 1972 г.
50. Я. Б. Кадымов, З. Я. Кулиев, К. А. Гасанов «Метод расчета переходных процессов в линейных системах с распределёнными параметрами на основе теории импульсных систем» Минск, Изд Вуз-ов «Энергетика», №4, 1975 г.
51. И. М. Зархи, В. Н. Мешков, Ф. Х. Халилов «Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ» «Наука» 1986 г.
52. Г. А. Мамедов «Расчет переходных процессов при ступенчатом включении ЛЭП» Журнал «Изв.Вузов Энергетика» 1983 г. №-4
53. Т. И. Агаларов, К. А. Гасанов «Метод расчета перенапряжений на основе интегральных преобразований» Сборник трудов АзПИ Баку 1983 г.
54. Шеи, Альстад, Сунд, Риан, Нордрик, Хопперстад «Резонансные перенапряжения в трансформаторах электростанций, вызванные коммутационными переходными процессами в присоединённой кабельной сети», «Энергетика за рубежом» Трансформаторы. Перенапряжения и координация изоляции Москва Энергоатомиздат 1986 г.
55. E. Beldi, E. Uhliq `Uberschlagspannung zusammengesetzter Isolatoren mit metallischen Zwischenflanschen, ВВ Mitt., 1943 No 9/10 s 255
- 56 «Райжщем» СМОЕ -81519 , Табле оф Китжонтент Тйжо Електрониж Райжщем Эмбщ, Финсинээр Фелд 1 Д-85521 Оттбрунн, 12.08.2008
57. Под Редакцией К. А. Круга «Основы электротехники» М-Л Государственное Энергетическое Издательство 1952 г.