

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

ORUCOV ELMAĞA YƏHYA oğlu
CƏFƏROVA FƏRİDƏ MEHMAN qızı
İSMAYILOV AYXAN CAVANŞİR oğlu
QULİYEVA MEHRİBAN FƏXRƏDDİN qızı
MUSAYEV ƏHMƏD VƏZİR oğlu

**“RABİTƏ SİSTEMLƏRİNDƏ BLOKLAYICI SİQNALLARIN SELEKTİV
DƏF EDİLMƏSİNİN TƏMİNİ ÜSULLARININ İŞLƏNMƏSİ”**

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627 – Elektronika, Telekommunikasiya və Radiotexnika

İxtisaslaşma: Telekommunikasiya Sistemlərinin İnformasiya Təhlükəsizliyi

Elmi rəhbər:

f.r.e.n., b/m. Hünbətəliyev Elmar

BAKİ-2023

MÜNDƏRICAT

GİRİŞ.....	4
I FƏSİL. RABİTƏ SAHƏSİNDƏ BLOKLAYICI SİQNALLAR İLƏ MÜHAFİZƏ ÜSULLARI	7
1.1. Rabitə verilişi kanallarında bloklayıcı siqnallar. Problemlər və onların təsvirləri	8
1.2. Məsələnin mahiyyəti	11
1.3. Siqnalların çoxkanallıq şəraitində verilişinin təşkili.....	12
1.4. Bloklayıcı siqnallardan selektiv mühafizə üsulları	14
1.4.1. Rejektor süzgəcləmə üsulu.....	15
1.4.2. Ləngidilmə üsulu.....	22
1.4.3. Analoq-vektor üsulu	25
1.4.4. Tezlik spektrinin köçürülmə üsulu.....	27
1.5. Birinci fəslin nəticələri.....	30
II FƏSİL. BLOKLAYICI SİQNALLARDAN MÜHAFİZƏ ÜSULLARININ MODELLEŞDİRİLMƏSİ	32
2.1. Süzgəclərin analizi və təyinatları	33
2.1.1. Elektrik süzgəclərinin analizi.....	33
2.1.2. Batterford süzgəci	38
2.1.3. Birinci tərtib Çebışev süzgəci	40
2.2. Birinci tərtib Çebışev və Batterford süzgəclərinin modelləşdirilməsi.....	41
2.3. “Tezliklərin köçürülmə üsulu”nun modelləşdirilməsi	44
2.4. Bloklayıcı siqnalların təsirindən mühafizə vasitəsinin layihə edilməsi.....	47
2.5. İkinci fəslin nəticələri.....	
III FƏSİL. TEZLİKLƏRİN KÖÇÜRÜLMƏ TEXNOLOGİYASI - BLOKLAYICI SİQNALLARIN DƏF EDİLMƏSİNİN HƏLLİ VASİTƏSİ KİMİ	55

3.1. Ümumi məlumat.....	56
3.2. “Tezliklərin köçürülmə” üsulunun laboratoriya şəraitində tədqiqi eksperimentinin təşkili	58
3.3. “Tezliklərin köçürülmə” üsulunun sınaqması	60
3.4. Danışıq kanallarında maneəyə dayanıqlıq məsələsinə mühəndis baxışı	64
3.5. Üçüncü fəslin nəticələri.....	69
DİSSERTASIYA İŞİNİN NƏTİCƏLƏRİ.....	70
ƏDƏBİYYAT	72
İXTİSARLARIN SİYAHISI.....	76

GİRİŞ

Bu gün gənc Azərbaycan Respublikası keçid iqtisadiyyatı dövrünü yaşayır. Bu keçidin əsasını Qlobal İnformasiya Cəmiyyətini (QİC) qurmaq təşkil edir. Fərqli inkişaf modelləri əsasında yaşayan ölkə və dövlətlər müxtəlif dövrlərdə Qlobal İnformasiya Cəmiyyətinə keçəcəklər. Amma artıq bir çox dövlətlər bu cəmiyyətə keçid üçün öz vəzifələrini müəyyənləşdirmişdir. Keçid prosesində “informasiya anlayışı” və onun cəmiyyətdə funksiyaları ciddi dəyişikliklərə uğramışdır. Bir çox aparıcı mütəxəssislərin fikrincə, bu sahədə son faktor kimi, informasiya hakim, sosial qrup isə informasiya istifadəçiləri funksiyasını daşıyırlar. Qlobal informasiya cəmiyyəti ən müasir infokommunikasiya texnologiyaları və xidmətləri əsasında qurulmuşdur. Belə ki, bu gün insan cəmiyyəti fantastik bir qrup xəyalpərəst insanın gözəl arzuları ola bilən rəqəmli texnologiyalar əsasında inkişaf edir. Bir neçə il bundan əvvəl, məsələn, optik lifli rabitə xətləri, spektral sıxlaşdırma texnologiyası, peyk rabitə sistemləri, mobil (çevik) rabitə aparatı, şanvari modelli şəbəkə, internet, sinxron (STM) və asinxron (ATM) veriliş metodu, plezoxron veriliş sistemi, paket kommutasiya, multimedia xidmətləri və GSM (Global System for Mobile Communications), İP telefon, İP/MPLS və s. ideyaları ola bilməzdi.

Əsrlər boyu insan övladının ağıllı və düşüncəli hərəkəti həmişə elmi-texniki inqilabın əsasını təşkil etmişdir. Belə ki, insanlar hər hansı bir sahədə elmi-texniki tərəqqinin nailiyyətlərini əldə etmək üçün təbiətdə baş verən hadisə və prosesləri dərinlən müşahidə etmişlər. Nəticədə, vaxt keçdikcə, dərrakəli insanlar özlərinin təbiətdəki və məişət müşahidələrinə əsaslanaraq elmi fərziyyələr irəli sürmüş, sonralar isə həmin müşahidələri təcrübələr əsasında ya sübut etmiş, ya da inkar etmişlər. Məsələn, işıq şüa selinin müxtəlif fiziki mühitlərdə hərəkətinin elmi tədqiqi bu gün qiqahers tezliklərdə işləyən optik kabellərin sürətli tərəqqisinə səbəb olmuşdur. Uzun illər əldə edilən müşahidə nəticələri, vaxt keçdikcə sistemləşdirilmiş və onların elmi nəticələrinə bir çox görkəmli alimlər söykənərək fizika, riyaziyyat, kimya və bir çox digər elmi əsaslı sahələrin yaranmasına və dinamik inkişafına nail olmuşlar (məsələn, kosmik fəzada daimi işləyən kosmik peyk sisteminin yaradılması və ətraf mühitin

fasiləsiz kosmosdan müşahidə edilməsi). Uzun illərin müşahidələri əsasında müxtəlif elmi sahələrin tətbiqi nəticəsində fərqli istiqamətlər müəyyən edilmiş və bu, öz növbəsində, daha dəqiqlik tələb edən sahələrdə (kosmik rabitə, optik rabitə, məsafədən telegörmə, kosmik nəzarət və s.) qüdrətli elmi kəşflərə səbəb olmuşdur. Məsələn, elektromaqnit sahəsinin elmi tədqiqi və onların ətraf mühitlə rabitəsi radioelektronika, radiotexnika, mobil rabitə, universal NGN kommutasiya sistemi, meqahers tezliklərdə işləyən optik lifli lokal şəbəkələrin yaranması kimi elmi istiqamətlərin kəşfinə səbəb olmuşdur. Beləliklə, radiotexnika, radioelektronika, telekommunikasiya və optik lifli şəbəkənin təşkili həmin nəzəriyyələrə, üsul və metodlara əsaslanaraq, daha uzaq məsafələrə böyük həcmli informasiya sellərinin fasiləsiz yayım prosesini mümkün etmişdir. Bu gün dünyanın müxtəlif ölkələrində həll edilən çoxsaylı məsələlər içərisində, ən vacib məsələlərdən biri də, qeyri-bircins xidməti informasiya sellərinin müxtəlif təyinatlı fiziki mühitlər vasitəsi ilə daşınmağının təşkilidir. Bu halda ən vacib məsələ, məsələn, telekommunikasiya vasitələri ilə xidmət keyfiyyətinin yüksək etibarlıqla təmin edilməsidir (söhbət intellektual şəbəkədən gedir). Adı çəkilən sahələrdə xidmət keyfiyyəti dedikdə, sistemin çıxış gücü, işçi tezlik diapazonu, maneəyedayanıqlığı, tezliyin sabit qalması, ixtiyari texniki vasitənin çıxışındakı parazit harmonikaların dəf edilməklə danışıq kanallarından kənarlaşdırılması, texniki vasitənin həssaslığı və seçiciliyi nəzərdə tutulursa, onların texniki cəhətdən təminatında həmişə problemlər olacağı şübhəsizdir. Bu məsələlərin içində diqqəti ən çox cəlb edən keyfiyyət məsələlərindən biri də, telekommunikasiya şəbəkəsində, belə demək mümkünsə, maneə-bloklayıcı siqnallar tərkibli yüksək amplitudalı siqnallar ailəsi tərkibindən, faydalı informasiya daşıyan siqnalları təhrifsiz ayıraraq son istifadəçiyə vaxtında çatdırmaqdır. Əlbəttə, telekommunikasiya sahəsində dahi kəşflər edən çoxsaylı insanlar olmuşdur ki, bu gün də müasir insanlar həmin kəşflərin uğurlu və kifayət qədər faydalı nəticələrindən özlərinin gündəlik məişət fəaliyyətində səmərəli şəkildə istifadə edirlər. Bunun hamıya yaxşı olan nümunəsi mobil-naqilsiz rabitədir. Əlbəttə, görkəmli insanlar və görkəmli elmi kəşflər haqqında uzun-uzun danışmaq olar. Lakin bu məsələnin telekommunikasiya sahəsində indiyə qədər nəşr edilən çoxsaylı ədəbiyyat mənbələrindən oxuyub öyrənmək olar. Məsələn, internetin yaranması və

inkişafı tarixini izləsək, asanlıqla müşahidə etmək olar ki, 30-35 il bundan əvvəl bu texnologiya sadəcə telekommunikasiya bazarında yenilik idi. Amma hal-hazırda internet rabitəsi sıçrayışla bütün dünyada yayılmaqda davam edir. Hal-hazırda İP telefon abunəçilərinin sayı həndəsi silsilə formasında artmaqda inkişafını davam etdirir. Analoji qayda ilə, bir çox praktiki əhəmiyyətli informasiya texnologiyalarının keçdiyi yolu təhlil etsək, asanlıqla görmək olar ki, ilk nəzərdə onların yaranması təsadüfi, nəzərdə tutulmayan, proqnoz edilməyən hesab olunsada, əslində qanunauyğunluqlara tabe idi. Yüksək səviyyədə səsləndirilən bu fikir hal-hazırda dinamik inkişaf edən infokommunikasiya sahəsinə də aiddir. Bu fikrin bariz nümunəsi kimi K.Şennonun “Rabitənin riyazi nəzəriyyəsi” və V.K.Kotelnikovun “Potensial maneədayanıqlılıq nəzəriyyəsi” fundamental elmi əsərlərini göstərmək olar. Bu əsərlər telekommunikasiya və informatika sahəsini birləşdirən vasitələr kimi özlərini göstərmişdir. Sonralar isə hər iki sahəni birləşdirən və yaxınlaşdıran konvergensiya əlamətləri göz qabağındadır. İlk dəfə konvergensiya ideyası fikrini yapon alimi K.Kobayaşi özünün “C&C” konsepsiyasında (Computers and Communications) söyləmişdir. Hal-hazırda telekommunikasiya və informatikanın konvergensiyası o qədər bir-birinə yaxın olmuşdur ki, Beynəlxalq Telekommunikasiya İttifaqı (BTİ) yeni anlayış - “Infocommunications - İnfokommunikasiya (İK)” anlayışını qəbul etmişdir. Bir çox görkəmli alimlərin fikrincə, XXI əsr üç elmi-texniki inqilabla yadda qalan olacaqdır:

1. İnformasiya;
2. Biotexnologiya;
3. Kvant.

Müasir insanların Qlobal İnformasiya Cəmiyyətinə keçidini asanlaşdıran yollarından biri də, gələcəyin NGN (Next Generation Network) adlanan universal şəbəkə modelinə keçidi hesab edilə bilər. Gələcəyin şəbəkəsi hesab edilən yeni nəsil universal paket kommutasiyalı NGN şəbəkə modeli müxtəlif təyinatlı informasiya mənbələrinə (istifadəçi qruplarına) xidmət etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

ORUCOV ELMAĞA YƏHYA oğlu

**“RABİTƏ SİSTEMLƏRİNDƏ BLOKLAYICI SİQNALLARIN SELEKTİV
DƏF EDİLMƏSİNİN TƏMİNİ ÜSULLARININ İŞLƏNMƏSİ”**

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627 – Elektronika, Telekommunikasiya və Radiotexnika

İxtisaslaşma: Telekommunikasiya Sistemlərinin İnformasiya Təhlükəsizliyi

Elmi rəhbər:

f.r.e.n., b/m. Hünbətəliyev Elmar

BAKİ-2023

I FƏSİL. RABİTƏ SAHƏSİNDƏ BLOKLAYICI SİQNALLAR İLƏ MÜHAFİZƏ ÜSULLARI

1.1. Rabitə verilişi kanallarında bloklayıcı siqnallar. Problemlər və onların təsvirləri

Radioqəbuledici və radioverici rabitə sistemlərində, müxtəlif təyinatlı informasiya sellərinin daşınması prosesində, bloklayıcı siqnalların zərərli təsirlərindən dəf olunmasının mühafizəedici üsullarının tətbiqi, bir tərəfdən informasiya daşıyan siqnalların qəbulunu asanlıqla təşkil etməyə imkan verməklə yanaşı, digər tərəfdən isə ifrat informasiya sellərinin təsirindən kanalların yüklənməsini səmərəli surətdə mühafizə etməyə və son nəticədə, onların xidmət müddətini uzatmağa imkan verir. Adətən, bloklayıcı siqnalların ziyanlı təsirlərindən dəf edilmə prosesinin həyata keçirilməsi üsul və tədbirləri danışıq kanallarının layihələndirmə mərhələsində həyata keçirilir [1]. Belə ki, əvvəlcədən bloklayıcı siqnalların tezliklərini bilərək, praktiki olaraq bu əməliyyatları həyata keçirən müxtəlif təyinatlı süzgəclərin (çəpərləyici-məhdudlayıcı rejektor süzgəcləri) buraxma tezlik zolaqlarının hesabının aparılması ilə onların elektriki sxemləri tərtib edilir. Adları sadalanan süzgəc sxemlərinin xüsusiyyəti odur ki, onlar konkret tezlik buraxma zolağına malik olduğu üçün yalnız müəyyən tezlik zolağında yerləşən tezlik diapazonunda işləsə də, digər tezlik zolağında işləmirlər (bu tezlik zolaqları sadəcə olaraq kəsilir). Məsələyə bir qədər izah verək. Elektrik rabitəsi kanallarında informasiya verilişi prosesində elə maneəedici-bloklayıcı siqnallar yaranır ki, onların güclərinin spektral sıxlığı danışıq tezlik spektrində sıfırdan fərqli olub, spektrin buraxma zolağından bir qədər az yer tutur. Bu təyinatlı maneəedici siqnallar darzolaqlı siqnallar adlanır [2]. İş zamanı onların mərkəzi tezliyi faydalı siqnalın buraxma zolağına düşərsə və bu hələ azmış kimi, gücləri yüksək olarsa, onda orta kvadratik xəta yüksək olduğu üçün, faydalı informasiya selini qəbul etmək mümkün olmayacaqdır. Bu vəziyyətdə maneəedici-bloklayıcı siqnal danışıq kanalının buraxma zolağından tam keçməklə, verilişin qəbuluna imkan verməyəcəkdir.

Mövcud vəziyyətdə danışıq kanallarının güclü darzolaqlı-bloklayıcı siqnalların təsirindən dəf edilməsi üsullarından ən geniş yayılmış üsulu süzgəcləmə üsuludur.

Üsulun mahiyyəti odur ki, klassik zolaq süzgəcinin elektriki dövrəsinə, eyni zamanda ardıcıl olaraq rejektor süzgəci də qoşulur. Nəticədə, rejektor süzgəci darzolaqlı maneələrdən savayı bütün tezlik zolağını buraxacaqdır. Deməli, faktiki olaraq, əvvəlcədən darzolaqlı maneəedicilərin siqnallarının qəbuledicinin çıxışında olması mümkün olmayacaqdır. Beləliklə, ardıcıl qoşulmuş zolaq və rejektor süzgəclərinin birgə amplitud-tezlik xarakteristikası, ancaq faydalı siqnala məxsus olacaqdır. Doğrudur, bu vəziyyətdə faydalı siqnalın digər yan tezlik harmonikaları da “boğulmuş” olur və bunun özü faydalı siqnalın formasının təhrifinə səbəb olur. Lakin rejektor süzgəcinin buraxmama zolağı faydalı siqnala xidmət edən zolaq süzgəcinin buraxma zolağından azdırsa, onda təhriflərin olması kifayət qədər az olacaqdır (əks halda qəbuledicinin çıxışında güclü darzolaqlı siqnal olsaydı bu təhrif yüksək olardı). Rabitə sistemlərində, o cümlədən, radioqəbuledici və radioverici vasitələrin sxemində, zolaq süzgəcləri ilə eyni zamanda ardıcıl olaraq qoşulması tətbiqi, əslində bloklayıcı siqnalların təsirinin dəf edilməsinin səmərəli mühafizə olunma problemlərini asanlıqla həll etməyə imkan verir. Məlumdur ki, çoxkanallı veriliş sistemlərində də müxtəlif təyinatlı elektrik süzgəclərinin tətbiqi ilə həyata keçirilən modulyasiya prosesində də, əsas tezlik harmonikaları ilə yanaşı, eyni zamanda çoxsaylı kənar harmonikalar da yaranır. Çoxsaylı kənar harmonikalar qonşu danışıq kanallarında bloklayıcı təsirlər yaratmaqla ciddi texniki problemlərin yaranmasına şərait yaradır. Mövcud vəziyyətdə bloklayıcı siqnalların zərərli təsirlərindən mühafizə edilmə prosesinin ən səmərəli üsulu danışıq dövrlərində N sayda zolaq-çəpərləyici süzgəclər ailəsinin tətbiqidir. Doğrudur, nəzəri cəhətdən bloklayıcı siqnalların azlığı şəraitində elektrik süzgəclərin tətbiqi təbiidir, texniki cəhətdən asandır, çünki səmərəli nəticələr verir (xüsusi ilə radioqəbuledici və radioverici vasitələr bir-birinə yaxın ərazilərdə yerləşdikdə). Belə ki, informasiya mənbəyinin hansı tezlikdə təşkili əvvəlcədən məlum olarsa, məsələn, radioqəbuledici vasitəyə ziyan vurmaqla (radioqəbuledici vasitə işləməkdən imtina edə bilər) çəpərləyici rejektor sxemli süzgəc eyni zamanda qəbul və veriliş proseslərini bir-birindən ayırmağa - seleksiya etməyə real imkanlar yaradır. Məsələnin incəliyi ondadır ki, çoxkanallı rabitə sistemində (radiator sistemləri mahiyyət etibarilə, çoxkanallı radioverici sistem kimi müxtəlif tezliklərdə işləyən verilişləri qəbul edib onları eyni

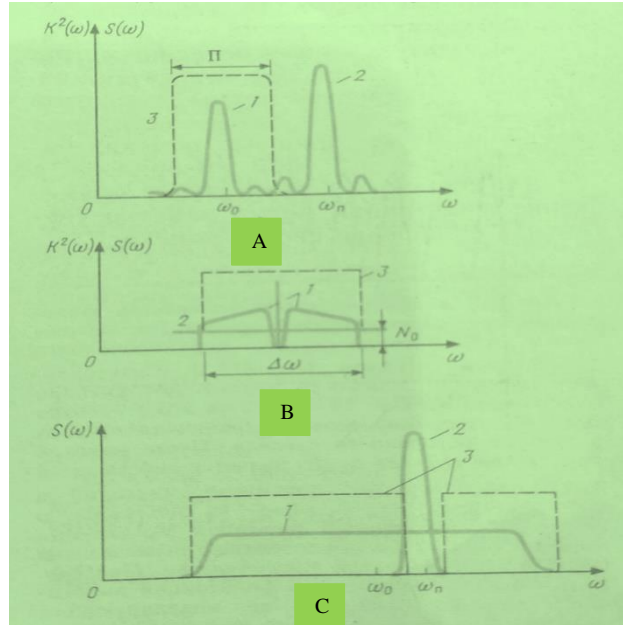
zamanda müxtəlif yerlərdə yaşayan çoxsaylı insan qruplarına - dinləyici qrupuna həmin kanallar ilə verilişləri çatdıran, tayı-bərabəri olmayan texniki vasitədir), modulyasiya prosesində əsas harmonikar ilə yanaşı, kənar harmonikalar da yaranır. Kənar harmonikalar çoxluğu (bunlar qonşu kanallar üçün qarşılıqlı surətdə ziyankar-bloklayıcı siqnallar vəzifəsini yerinə yetirir) rejektor süzgəclərinin tətbiqi ilə yaxın məsafələrdə yerləşmiş isifadəçilər arasında siqnal/maneə nisbətinin kiçik qiymətlərində, ikitərəfli dupleks rejimində, radio verilişinin həyata keçirilməsinə elə də maneə ola bilmir [3]. Məsələn, konkret bariz nümunə kimi, mobil rabitə vasitələrində bu prosesin hamımız canlı şahidiyik. Bu özünü qarşılıqlı, yüksək səs mübadiləsi şəklində göstərir. Deməli, mahiyyət etibarı ilə, uyğun tezlik zolağı əvvəlcədən məlum olarsa, zolaq-çəpərləyici və rejektor süzgəclərinin elektrikkeçmə dövrlərinin sxemlərində tətbiq edilməməsi bloklayıcı siqnalların zərərli təsirinə göz yummağa imkan verir (məsələn, birproqramlı radio vasitələri). Məsələnin qoyuluşu belədir ki, danışıq kanallarının tezlik zolağı əvvəlcədən məlum olmazsa, onda necə olacaq? Deməli, elə seçmə-selektiv üsullar təyin etmək lazımdır ki, problem xarakterli bu həyati məsələ müsbət həllini tapmış olsun. Problem xarakterli məsələ odur ki, elə daha səmərəli vasitə və üsullar təyin etmək lazımdır ki, tezlik zolaqlarının hansı tezlik diapazonunda yerləşməsindən asılı olmayaraq, bloklayıcı siqnalların zərərli təsirindən danışıq kanallarını etibarlı və səmərəli surətdə mühafizəsini təşkil etmək mümkün olsun. Məlum ədəbiyyat mənbələri əsasında aparılmış çoxtərəfli elmi tədqiqat işləri nəticəsində məlum olmuşdur ki, tezlik spektrinin aşağı tezlik (danışıq) spektrinə köçürülməsi ilə (bu üsuldən superheterogen qəbuledici vasitələrində uğurla istifadə edilir) problem xarakterli amma praktiki əhəmiyyətli məsələni uğurla həll etmək olar. Məsələnin mahiyyəti odur ki, yüksək tezliklərdə superheterogen üsulunun (həm də tezliklərin köçürülmə üsulu) tətbiqi, bloklayıcı siqnalların zərərli kənar təsirlərin dəf edilməsinin səmərəli surətdə mühafizə məsələsini olduqca uğurlu nəticələr ilə həll etməyə real imkanlar yaradır [4, 5].

1.2. Məsələnin mahiyyəti

Fasiləsiz siqnalların qəbulu prosesində, onlar çoxkanallı rabitə sisteminin qəbuledici hissəsində yerləşən demodulyator sxeminin emalı mərhələsində kifayət qədər təhrifə uğrayır. Bu proses yol veriləndir, çünki məsələ siqnalın forması ilə deyil, onun göstəricilərinin birinin qiyməti ilə xarakterizə edilir. Fasiləsiz siqnalın rabitə kanalı ilə verilişi elə təşkil edilməlidir ki, qəbul edilən siqnalın orta kvadratik xətası istənilən zaman minimal olsun. Məhz maneələr şəraitində radioyayım və televiziya siqnallarının verilişi bu şərtlər daxilində formalaşdırılır. Fasiləsiz siqnalların qəbulunun adı çəkilən xüsusiyyətlərini qeyd etmək üçün xüsusi termin - “siqnalların süzgəclənməsi” (seleksiyası və kəsilməsi) anlayışı qəbul edilmişdir. Siqnalların süzgəclənmə prosesində problem xarakterli məsələ ondan ibarətdir ki, böyük gücə və səviyyəyə malik maneələr dəf edilməklə tam “boğulsun”, amma bu vəziyyətdə faydalı siqnalın forması kifayət qədər az təhrifə uğrasın. Praktikada isə bu o deməkdir ki, süzgəclənmə prosesində mahiyyətə siqnalın orta gücünün qiymətinin maneə siqnalının orta gücünə olan nisbətə yüksək olmasına təminat verilsin.

Bloklayıcı siqnalların dəf edilməsinin selektiv üsulları. Mövcud vəziyyətdə, məsələn, çoxkanallı rabitə sistemlərində müxtəlif səbəblərdən yaranan maneələr şəraitində, süzgəcləmə üsulu ilə faydalı siqnalı ayırmaq ən geniş yayılmış üsul sayılır. Bu gün radioyayım və televiziya qəbulediciləri bu prinsip əsasında fəaliyyət göstərirlər. Təsvir edilən vəziyyətdə zolaq süzgəclərinin aparıcı tezliklərini kənardan tənzimləməklə tələb edilən stansiya və ya proqram seçilir. Həmin vəziyyətdə maneələrin (bloklayıcı siqnalların) təsirini dəf etmək üçün siqnalın spektral gücündə faydalı siqnal ilə bloklayıcı siqnal arasındakı fərqdən istifadə edilir (orta kvadratik xəta). Məsələn, faydalı siqnal ilə bloklayıcı siqnalın dəf edilməsi tələb edilmirsə, bu vəziyyətdə zolaq süzgəcinin buraxma zolağını elə seçmək olar ki, süzgəc yalnız faydalı siqnalın spektrində işləmiş olsun. Nəticədə, süzgəcin çıxışında faktiki olaraq, bloklayıcı siqnal olmayacaq və faydalı siqnalın xarici forması dəyişməyəcəkdir. Təsvir edilən vəziyyətdə selektiv süzgəcləmə üsulunun tətbiqi hesabına siqnal/maneə nisbəti

yüksək olacaqdır. Tezliyin seleksiya edilməsinin fiziki izahı şəkil 1.1-də təsvir edilmişdir.



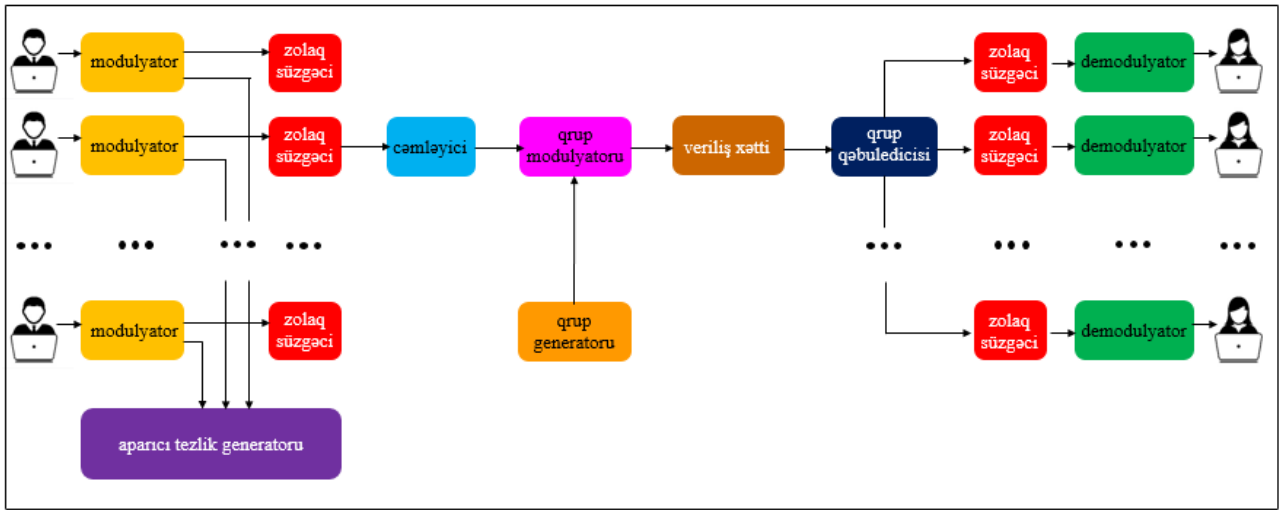
Şəkil 1.1. Faydalı siqnalın tezliyinin bloklayıcı siqnalın tezliyindən seleksiyasının təsviri (A - Maneə siqnalı şəraitində faydalı siqnalın süzgəclənməsi; B - Geniş zolaqlı maneə şəraitində süzgəcləmə (modullanmış siqnalın tezlik spektri; C - Zolaq süzgəcinin (qəbuledicinin) amplitud-tezlik xarakteristikası.)

Şəkildən görünür ki, faydalı siqnalın az təhrifə uğraması üçün, zolaq süzgəcinin buraxma zolağı $\Delta\omega$ enliliyindən az olmamalıdır.

1.3. Siqnalların çoxkanallıq şəraitində verilişinin təşkili

Ümumi halda həmişə iki istifadəçi arasında bir simpleks və ya ikitərəfli dupleks rabitə verilişi təşkil edilir. Bu üsulla rabitə verilişinin təşkili iqtisadi cəhətdən kifayət qədər səmərəsiz olub, praktiki olaraq özünü doğrultmur. Doğrudan da, informasiya verilişinin təşkili sübut etmişdir ki, veriliş kanalının ən çox əsaslı vəsait tələb edən elementi informasiya daşıyan fiziki mühitin təşkilidir (telefon kabelləri, işıq ötürücü optik kabellər, radiorele vasitələri və kosmik peyk rabitə vasitələri). Eyni xətlə, təkcə iki nəfər və ya iki istifadəçi arasında rabitə verilişinin təşkili və ya bir rabitə xidməti üçün tətbiq edilməsi, iqtisadi cəhətdən səmərəsizdir. Məhz bu obyektiv səbəblərdən,

rabitə verilişi sisteminin elə formada qurulması məqsədə uyğun olardı ki, ondan eyni zamanda çoxsaylı istifadəçilər qrupu istifadə edə bilsinlər. Məsələnin mahiyyəti odur ki, bu vəziyyətdə müxtəlif tezlik spektrində işləyən çoxsaylı müxtəlif təyinatlı abunəçi (istifadəçi) qruplarına xidmət edən ümumi bir rabitə kanalı ayırmaq kifayət edir. Təsvir edilən təyinatlı rabitə sistemi, texniki ədəbiyyatda çoxkanallı (şəkil 1.2) rabitə sistemi adını almışdır. Bu vəziyyətdə veriliş prosesinə, bir ümumi kanal kimi baxılır və xətti kanal adlanır. Nəticədə, çoxsaylı müxtəlif təyinatlı istifadəçi qruplarından daxil olan



Şəkil 1.2. Kanalların tezliyə əsasən ayrılan çoxkanallı veriliş sisteminin struktur sxemi

siqnallar, modullanmış $U_1(t)$, $U_2(t)$, ... , $U_N(t)$ elektrik siqnallarına çevrilir və mahiyyətcə təsadüfi prosesləri təşkil edir. Onlar, eyni zamanda, fərdi M_1 , M_2 , ... , M_N modulyator sxemlərinə ayrı-ayrı fərdi tezlikli kanallar ilə daxil olan siqnallardan, ümumi xətti siqnallar formalaşdırılır. Xətti siqnallar xətt istiqaməti boyunca ötürücü mühitlə yayılmaqla qəbula - ümumi siqnalların qrup qəbuledicisinə çatdırılır. Kanal modulyatoru və cəmləyicilər çoxkanallı veriliş sisteminin əsas elementi sayılır. Bunlar birlikdə, müxtəlif yük mənbələrindən daxil olan informasiya selinin ümumi bir xətlə verilişini təmin etməklə yanaşı, qrup siqnalını formalaşdırır. Qrup qəbuledicisi ümumi siqnallar ailəsindən fərdi demodulyatorlar ilə, süzgəcləmə üsulu ilə seleksiya (ayırma) prosesini yerinə yetirir və ümumi siqnallar ailəsindən fərdi istifadəçilərə məxsus zolaq

süzgəcləri ilə özlərinə məxsus tezlik zolağını qəbul edib, son istifadəçilərə çatdırılmasını təmin edir. Beləliklə, ixtiyari çoxkanallı veriliş sistemində mütləq şəkildə çevirici avadanlıq nəzərdə tutulur ki, onlar veriliş tərəfindən daxil olan informasiya selinin veriliş prosesini, qəbul istiqamətində isə qəbulu prosesini təmin etməyə imkan verir. Burada qeyd etmək yerinə düşər ki, fərdi rabitə kanalları ilə daxil olan ümumi informasiya selini ayrı-ayrı zolaq süzgəclər ilə fərdi tezliklər şəklində seleksiya etmək və onların son istifadəçilərə çatdırmaq üçün ixtiyari siqnal xüsusi bir əlamətə - parametərə malik olmalıdır. Bu parametərə aparıcı siqnalın parametrləri ola bilər (tezliyi, amplitudası, fazası və s.).

1.4. Bloklayıcı siqnallardan selektiv mühafizə üsulları

Çoxkanallı veriliş sistemlərinin (o cümlədən, radiorabitə vasitələrinin) bloklayıcı siqnalların zərərli təsirlərindən çoxsaylı selektiv mühafizə üsulları vardır. Onlar, bir birindən tətbiq olunma üsulları, element bazası və alqoritmləri ilə fərqlənir.

Çoxsaylı məlum texniki ədəbiyyat mənbələrinə əsaslanaraq, aparılmış elmi texniki tədqiqatlar nəticəsində radiotexniki vasitələrdə, bloklayıcı siqnallardan mühafizə edilməsi üçün tətbiq edilən aşağıdakı selektiv mühafizə üsullarının adları aşkar edilmişdir:

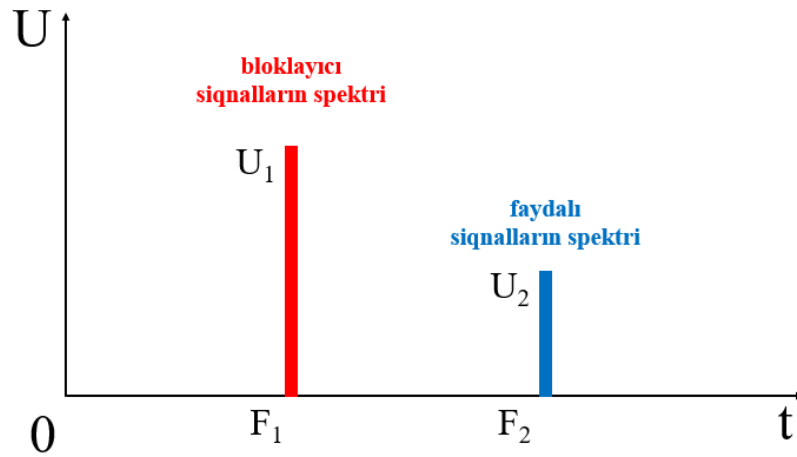
- Rejektor süzgəcləmə üsulu;
- Ləngidilmə üsulu;
- Analoq-vektor üsulu;
- Tezlik spektrinin köçürülməsi və ya heterogen üsulu.

Adları sadalanan hər bir üsul müsbət və mənfi cəhətləri ilə bir-birindən fərqlənir. Təcrübə zamanı daha səmərəli və şəraitə uyğun üsula üstünlük verilir. İndi isə adları çəkilən üsulların mahiyyətini araşdıraraq.

1.4.1. Rejektor süzəcləmə üsulu

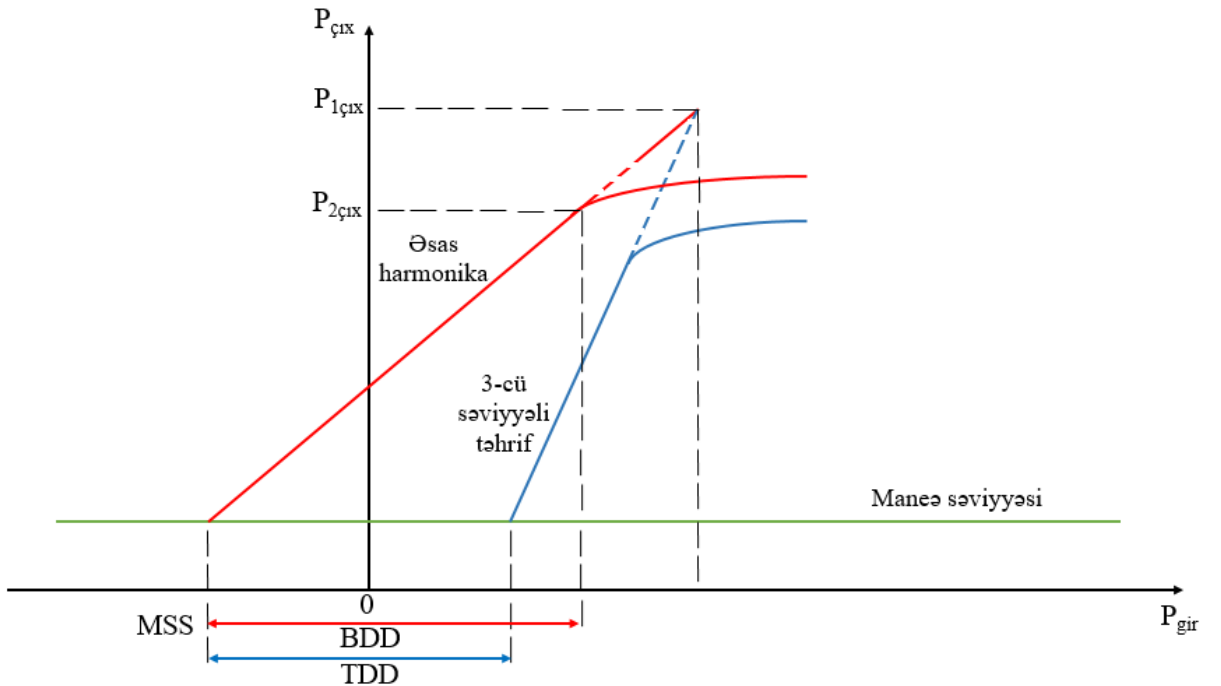
Telefon və radorabitə sahəsinin uzun sürən tarixi dövründə müxtəlif təyinatlı texniki məsələlər həll edilmişdir. Bunun səbəbi odur ki, bu gün insan cəmiyyəti istəmə də, istəməsə də müxtəlif təyinatlı telekommunikasiya vasitələrindən özlərinin gündəlik məişət həyatında uğurla istifadə edir (televizorlar, mobil telefonlar, müxtəlif təyinatlı nəzarət vasitələri, maqnitofonlar və s). İnformasiyanın insanların harada yaşamasından asılı olmayaraq, öz aralarında və ya gündəlik məişət həyatında avadanlıqlar vasitəsilə mübadiləsi, istifadəsinin əlverişliliyi, vaxta qənaət olunması kimi xüsusiyyətləri, məsafədən asılı olmayaraq, daşıma bilmə imkanı, onun məsafədən alınıb yazılması və uzun müddət yadda saxlanması kimi xidmətləri insan qruplarının gündəlik yaşayış tərzinə ciddi surətdə rahatlıq gətirir. Lakin hamımız təcrübədən bilir ki, danışmaq kanallarına həmişə kənar danışmalar da daxil olur və bu, biz insanların narahatlığına səbəb olur. Bunun səbəbi, artıq yuxarıda qeyd edildiyi kimi, kənar-bloklayıcı siqnalların mənfi təsiri [6]. Bəs bloklayıcı siqnal deyilən zaman onun xarakterik cəhətləri digər siqnallardan nə ilə fərqlənir? Texniki ədəbiyyatda deyilir ki, bloklayıcı siqnallar dedikdə faydalı siqnalın tezliyinə yaxın tezlik zolağında yerləşən, darzolaqlı və genişzolaqlı yüksək amplitudalı siqnallar ailəsi nəzərdə tutulur. Bunları xidməti siqnallar ilə səhv salmaq lazım deyil, çünki bunlar ziyanlı təsirə malik siqnallardır. Nəzərə alınsa ki, ixtiyari radiotexniki vasitə konstruktiv olaraq radioverici və radioqəbuledici kimi iki əsas qovşaqdan təşkil edilmişdir, məhz elektrik qovşaqlarının tərkibində bloklayıcı siqnalların zərərli təsirləri daha çox diqqəti cəlb edir. Xüsusi ilə məsələ o zaman problem xarakteri alır ki, radioverici və radioqəbuledici vasitələr ərazi cəhətdən bir-birinə xeyli yaxın olmuş olsun. Bu xoşagəlməz vəziyyətlərdə eyni vaxtda veriliş və qəbul proseslərini həyata keçirmək ya xeyli çətin olur, ya da heç mümkün olmur. Bəzi hallarda radioverici vasitə işləyəndə onun ətraf fiziki mühitə yaydığı elektromaqnit şüa selləri yaxınlıqda yerləşmiş radioqəbuledici vasitənin, hətta normal işini poza bilər, rabitə verilişinin həyata keçirilməsinə ciddi şəkildə maneə ola bilər. Bu da müəyyən sahələrdə, ümumiyyətlə, yolverilməz vəziyyətdir. Hətta radioqəbul vasitəsi ayrılıqda belə, bu xoşagəlməz məsələ ilə rastlaşa bilər [7]. Arzuolunmaz

neqativ vəziyyətlər o zaman yaranır ki, informasiyanın qəbulu vəziyyətində bloklayıcı siqnalın tezliyi faydalı siqnalı daşıyan kanalın tezliyinə yaxın yerləşmiş olsun ($\Delta f < 3kHs$). Təsvir edilən böhran vəziyyətində radioqəbuledici vasitə tərəfindən faydalı siqnalı qəbul etmək xeyli çətin olur. Burada, qəbul edilən yüksək amplitudalı faydalı siqnalı girişdə dedektə etməklə, analoq-rəqəm çevirici (ARÇ) sxemini artıq radioveriliş yüklənmələrindən mühafizə etməklə, onun sxemi əsasında həll etməyə imkan verir. Eyni anda, həmçinin, avtomatik idarəetmə sxemi, modulyasiya prosesində yaranan parazit-bloklayıcı çoxsaylı müxtəlif tezlikli harmonik siqnalları [8] danışıq tezlik spektrinə buraxmır. Təsvir edilən prosesdə faydalı siqnalların harmonikalarının amplitudaları azalır və onları aşkarlamaq xeyli çətin olur. Şəkil 1.3-də amplitud-tezlik müstəvisində bloklayıcı siqnalların təsvirinin izahı nümayiş etdirilmişdir. Adı çəkilən problemin, yəni bloklayıcı siqnalların mənfi təsirindən etibarlı surətdə dəf olunmaqla danışıq kanallarının mühafizə olunma məsələsinin diqqətdə saxlanılması çoxkanallı rabitə sisteminin mühüm dinamik parametri - dinamik diapazonunun təyin edilməsi ilə birbaşa əlaqədardır.



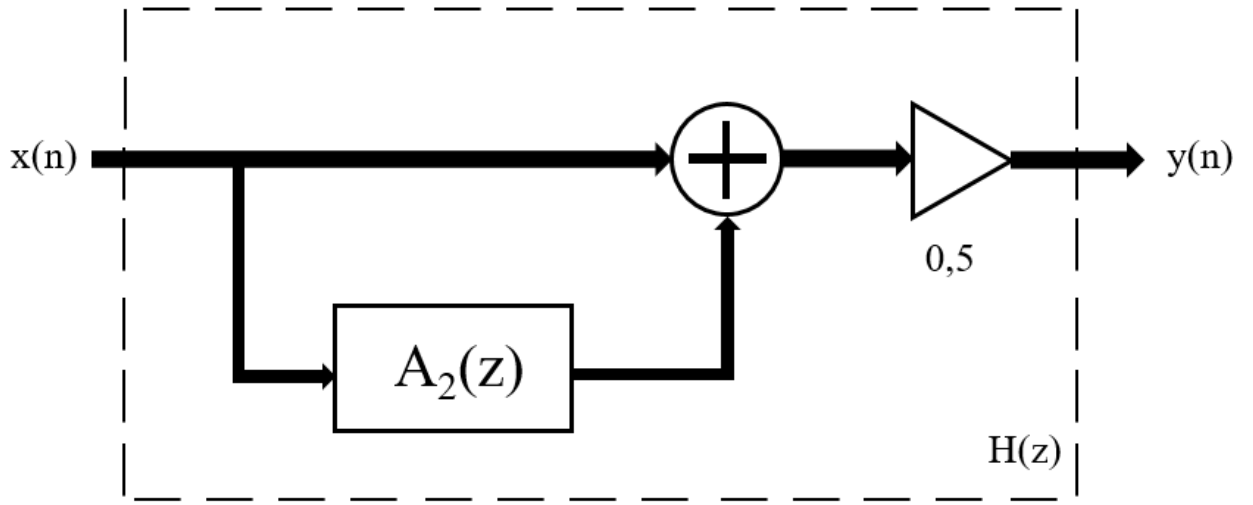
Şəkil 1.3. Amplitud-tezlik müstəvisində bloklayıcı siqnalların izahının təsviri

Bu parametr telekommunikasiya sistemlərinin təyinatından asılı olmayaraq, yüksək həssaslıq qabiliyyətli olub siqnal/maneə nisbətinin faydalı siqnalın xeyrinə dəyişilməsidir, əks halda faydalı siqnal eşidilməyəcəkdir. Şəkil 1.4-də danışıq siqnallarının əsas harmonikasının təhrifinin qrafik təsviri göstərilmişdir [9]. Məsələnin fiziki mahiyyətini aydınlaşdırdıqdan sonra qeyd etmək yerinə düşər ki, danışıq kanallarını bloklayıcı maneə siqnallarının zərərli təsirlərindən dəf etməklə necə aradan qaldırmaq və ya təsirləri minimum etmək olar. Ədəbiyyat mənbələrindən aşkar edilmişdir ki, bu məsələnin ən sadə həlli müxtəlif təyinatlı süzgəclərin çoxkanallı rabitə sistemi avadanlığı tərkibində mütləq şəkildə tətbiqidir. Məsələn, texniki ədəbiyyatda rejektor (zolaq-çəpərləyici) süzgəcləri adlanan elektrik süzgəc sxemi, əslində, müxtəlif tezliklərdə işləyən çoxsaylı süzgəclər ailəsindən ibarətdir (şəkil 1.5). Ümumiyyətlə, elektrik süzgəc sxeminin vəzifəsi ümumi tezlik diapazonunda fəaliyyət göstərən siqnallar ailəsi tərkibində həmin an üçün tələb edilən danışıq kanallarının siqnallarını seçmək imkanındır.



Şəkil 1.4. Danışıq siqnallarının əsas harmonikasının təhrifinin qrafiki təsviri (MSS - Minimum aşkar edilə bilən siqnal səviyyəsi; BDD – Bloklayıcı dinamik diapazon; TDD - Təhrifsiz dinamik diapazon.)

Rejektor və ya zolaq-çəpərləyici elektrik süzgəci konkret tezlikdə işləyən tutum və induktiv elementlərdən hazırlanır. Şəkil 1.5-də ikinci sinif rejektor



Şəkil 1.5. Rejektor süzgəcinin struktur sxeminin təsviri

süzgəcinin struktur sxemi təsvir edilmişdir. Onun veriliş prosesini izah edən riyazi modelini yazmaq üçün süzgəcin z -giriş və $Y(z)$ -çıxış siqnalının z -çevrilmələri aparmalıdır [10].

$$Y(z) = \frac{1}{2}(X(z) + X(z)A_2(z)) \quad (1.1)$$

(1.1) ifadəsindən $A_2(z)$ - ikinci sinif süzgəcin ötürmə funksiyasıdır. Rekurrent çevrilmələri əsasında, k_1 və k_2 - çəki əmsalları nəzərə alınmaqla, çevrilmə qabiliyyətini xarakterizə edən $A_2(z)$ xarakteristikasının riyazi modeli aşağıdakı kimidir:

$$A_2(z) = \frac{k_2 + A_1(z)z^{-1}}{1 + k_2 A_1(z)z^{-1}} = \frac{k_2 + z^{-1} \frac{k_1 + z^{-1}}{1 + k_1 z^{-1}}}{1 + k_2 z^{-1} \frac{k_1 + z^{-1}}{1 + k_1 z^{-1}}} = \frac{k_2 + k_1(1 + k_2)z^{-1} + z^{-2}}{1 + k_1(1 + k_2)z^{-1} + k_2 z^{-2}} \quad (1.2)$$

(1.2) ifadəsi əsasında süzgəcin ötürmə xarakteristikası $H(z)$ aşağıdakı riyazi modelə malikdir:

$$H(z) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{k_2 + k_1(1 + k_2)z^{-1} + z^{-2}}{1 + k_1(1 + k_2)z^{-1} + k_2 z^{-2}} \right) = \frac{1}{2} (1 + k_2) \frac{1 + 2k_1 z^{-1} + z^{-2}}{1 + k_1(1 + k_2)z^{-1} + k_2 z^{-2}} \quad (1.3)$$

(1.3) riyazi modeldən görünür ki, süzgəcin ötürmə funksiyası k_1 və k_2 əmsallarının qiymətindən birbaşa asılıdır. Süzgəcləmə imkanını, bu əmsallar arasındakı riyazi əlaqəni təyin etmək üçün, ötürmə $H(z)$ əmsalının kompleks halında tənliyindən istifadə edilir :

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1}{2}(1 + k_2) \frac{1 + 2k_1 e^{-j\omega} + e^{-j2\omega}}{1 + k_1(1 + k_2)e^{-j\omega} + k_2 e^{-j2\omega}} \quad (1.4)$$

(1.4) ifadəsində ω_0 çevrilmə tezliyi 0-a bərabər olub göstərir ki, süzgəcin ötürmə əmsalı $H(e^{j\omega}) = 0$ olur. Bu şərt məcburi və kifayətedici olmaqla yanaşı $\omega = \omega_0$ vəziyyətində qiymətinin sıfır olması, k_1 əmsalının qiymətini, aşağıdakı tənlikdən təyin etməyə imkan verir:

$$1 + 2k_1 e^{-j\omega} + e^{-j2\omega} = 0 \quad (1.5)$$

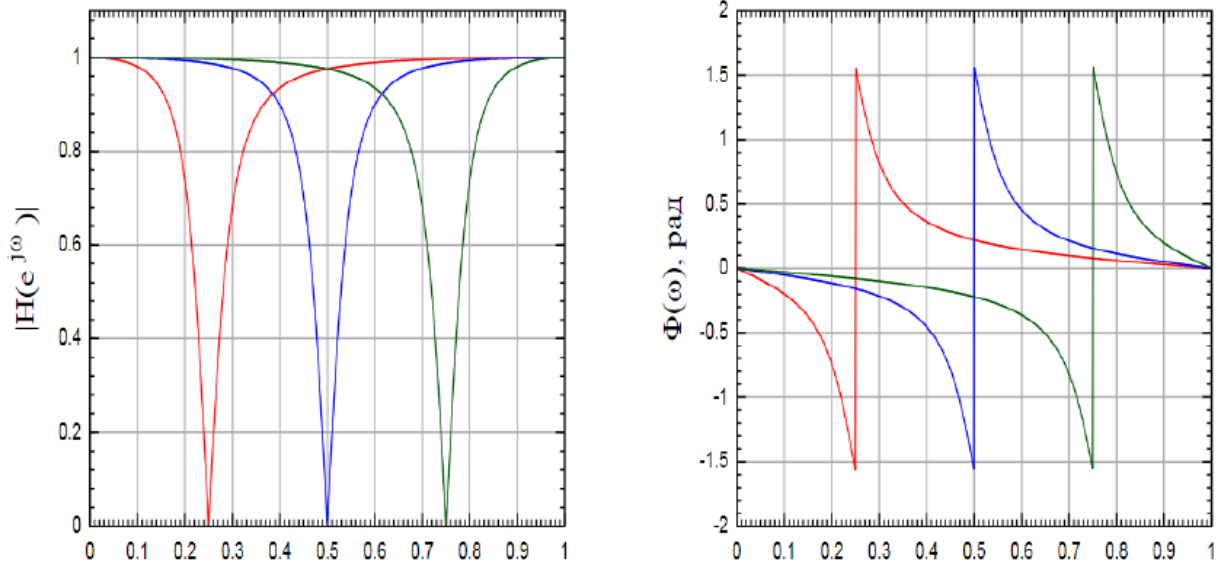
(1.5) ifadəsindən təyin edirik ki, süzgəcin çeviricilik qabiliyyəti olan k_1 ədədi qiymətcə

$$k_1 = -\frac{1 + e^{-j2\omega_0}}{2e^{-j\omega_0}} = -\frac{e^{j\omega_0} + e^{-j\omega_0}}{2} = -\cos(\omega_0) \quad (1.6)$$

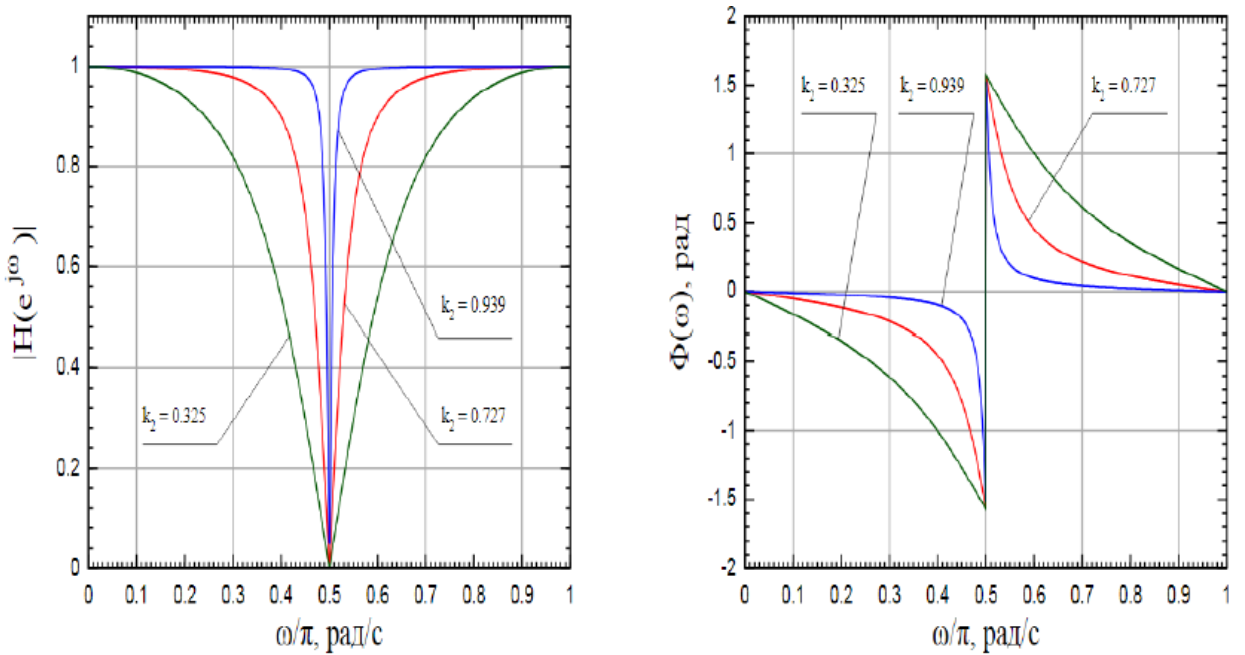
olar.

Şəkil 1.6-da müxtəlif çevrilmə imkanında [$\omega_0 = 0,25\pi$ ($k_1 = -\cos(0,25\pi)$), $\omega_0 = 0,5\pi$ ($k_1 = -\cos(0,5\pi)$), $\omega_0 = 0,75\pi$ ($k_1 = -\cos(0,75\pi)$)] işlənmiş amplitud və faza-tezlik çevrilmələr xarakteristika ailəsi təsvir edilmişdir.

Qeyd etmək yerinə düşər ki, (1.4) ifadəsində xarakteristikaların tədqiq edilən hər üç vəziyyətdə, $k_2 = 0,727$ qiyməti sabitdir. k_1 əmsalının (1.2) ifadəsindəki $\omega = \omega_0$ tezlik şərtinə əməl etmək lazımdır. k_2 əmsalının qiyməti aşağıdakı riyazi modelə malikdir:



Şəkil 1.6. k_1 əmsalının ω_0 kəsilmə tezliyində çəpərləyici rejektor süzəcinin amplitud-tezlik (ATX) və faza-tezlik (FTX) xarakteristikalarının təsviri



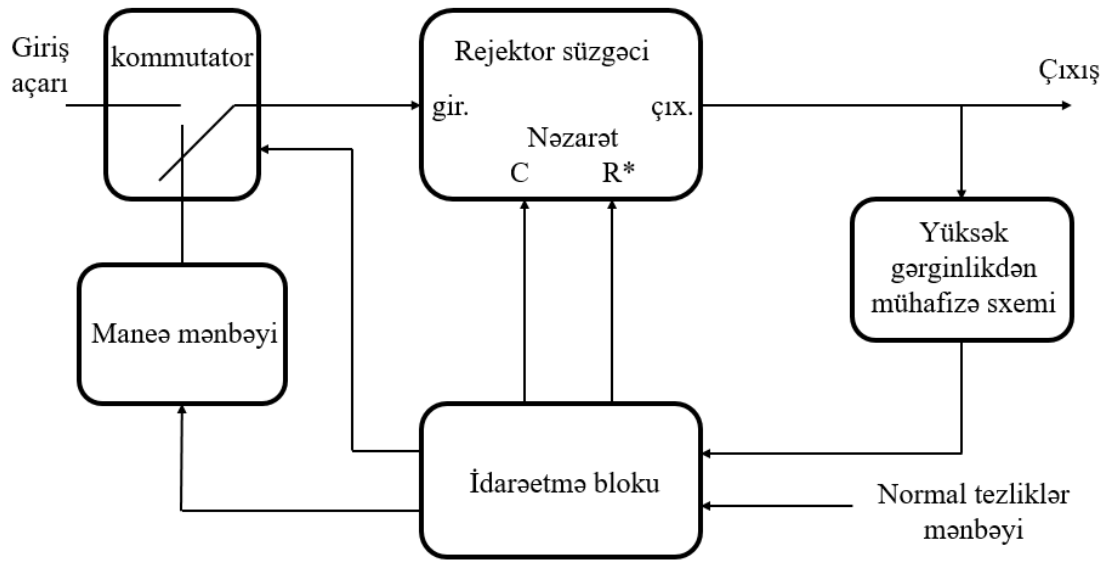
Şəkil 1.7. k_2 əmsalının müxtəlif qiymətlərində çəpərləyici rejektor süzəcinin amplitud-tezlik (ATX) xarakteristikalarına təsirinin təsviri

Şəkil 1.6-da k_1 əmsalının müxtəlif qiymətlərində çəpərləyici rejektor süzəcinin amplitud-tezlik (ATX) və faza-tezlik (FTX) xarakteristikaları təsvir edilmişdir (ədəbiyyat mənbələri əsasında). Şəkil 1.7-dən görünür ki, k_2 əmsalının

qiyməti yüksəldikcə süzgəcin amplitud-tezlik xarakteristikasının (ATX) enliyinin dikliyi azalır. k_2 əmsalı zolaq-çəpərləyici süzgəcinin tezlik zolağının buraxma qabiliyyəti olub (dinamik diapazonu) tezlik zolağının $-\frac{1}{\sqrt{2}}$ səviyyəyə qədər (-3 dB) sönməsini (tezlik diapazonun itkisi) göstərir. Təcrübədə isə bu o deməkdir ki, hər hansı tezlik zolağını “kəsmək” lazımdırsa, buna əməl etmək lazımdır. k_2 əmsalının qiyməti aşağıdakı riyazi modelə malikdir:

$$k_2 = \frac{1 - \sin(B)}{\cos(B)} \quad (1.7)$$

(1.7) ifadəsində $B = -3$ desibellik (dB) buraxmama tezlik zolağının sönmə səviyyəsini göstərir. (1.5) xarakteristikalar ailəsini təhlil etməklə məlum olur ki, k_1 və k_2 əmsallarının qiymətini dəyişməklə, zolaq-çəpərləyici süzgəclərin tezliklərini idarə etmək olar. Bu şərtlərə əməl etmək praktiki olaraq o deməkdir ki, çəpərləyici süzgəclərin radioqəbuledici vasitənin sxeminə ardıcılıqla qoşmaqla, bloklayıcı siqnalların zərərli təsirini ən azı minimallaşdırmaq olar [11]. Şəkil 1.8-də təsvir edilən bloklayıcı siqnallardan mühafizə sxemi, konstruktiv olaraq, qəbuledici anten qurğusu ilə qeyd etmək lazımdır ki, bloklayıcı siqnallardan mühafizə sxemi əsasında rejektor süzgəcinin kənardan idarə edilməsi kimi müsbət imkanı ilə yanaşı, ciddi nöqsanı

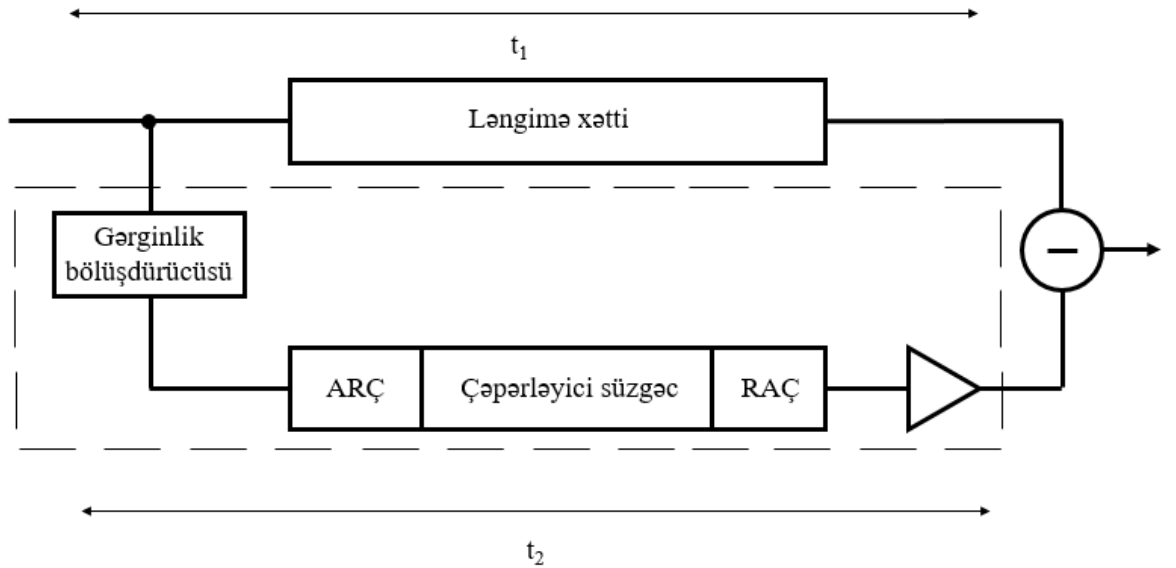


Şəkil 1.8. Süzgəcləmə blokunun sruktur sxeminin təsviri radioqəbuledici qovşağın girişi arasında yerləşdirilir.

vardır. Belə ki, təcrübədə onun sxemi kifayət qədər böyük həndəsi ölçülərə malik olması (o, bir neçə süzgəc ailəsindən təşkil olunur) işdə praktiki çətinliklər yaşadır. Mövcud vəziyyətdə bu nöqsanı aradan qaldırmaq üçün əvvəllər olduğu kimi, sabit sxemli süzgülərdən deyil, sadəcə olaraq kənarından idarə edilən səpərləyici süzgülərdən istifadə etmək üçün aktiv axtarışlar aparılır [12].

1.4.2. Ləngidilmə üsulu

Şəkil 1.9-da danışıq dövrəsində siqnalların ləngiməsi prosesi izah edilmişdir. Siqnalların ləngiməsinin (gecikməsinin) çoxsaylı səbəbləri vardır (xəttin bircins olmaması, aralıq gücləndirici məntəqələrin çoxluğu, xəttin parametrlərinin kəskin dəyişməsi və s.). Bu proses nəticəsində danışıq dövrəsində məcburi itkilər (sönmələr)



Şəkil 1.9. Ləngidilmə prosesinin izahlı sxemi

yarandır ki, bu da xidmət keyfiyyətinin aşağı düşməsinə gətirib çıxarır. Ləngidilmə üsulunun laboratoriya şəraitində modeli şəkil 1.9-da təsvir edilmişdir. Həmin təcrübə maketi aşağıdakı qovşaqlardan təşkil edilmişdir (bu üsuldan uzun xətlərdə və şəbəkələrdə istifadə edilir).

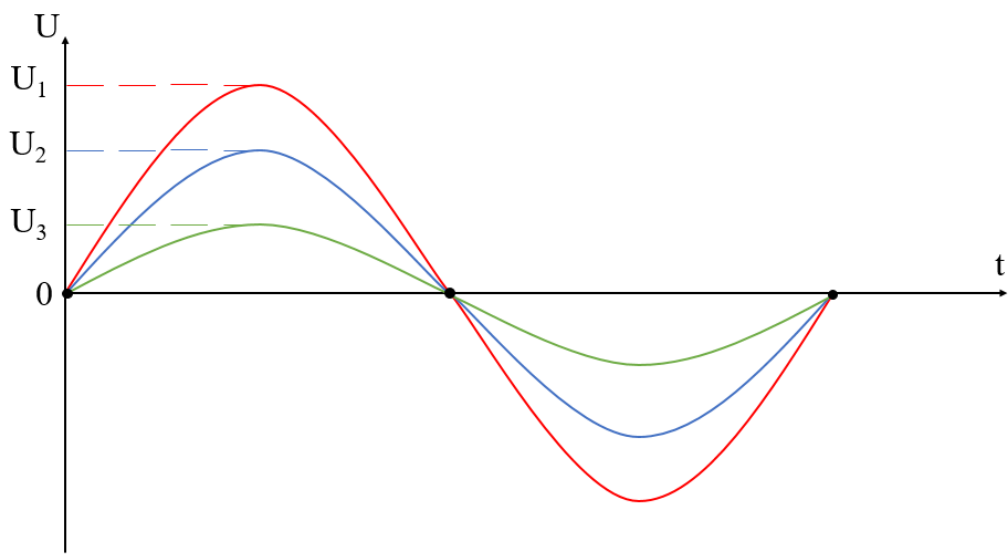
- Süni ləngimə xətti;
- Gərginlik bölüşdürücüsü (belə hesab edilir ki, yüksək amplitudalı güclü siqnal qəbuledici anten təsirindən qəbul ediləndə siqnallar ətrafda yayılır

(şüalandırılır) və bu vəziyyətdə, analoq-rəqəm çevrilmə prosesində faydalı siqnalları mühafizə etmək lazım gəlir);

- Analıq-rəqəm çeviricisi (analoq formalı siqnalları rəqəm formasına salan mikrosxemdir);
- Diskret Furye çevirici blok (blokda diskret Furye çevrilmələri həyata keçirilir);
- Rəqəm-analoq çeviricisi (siqnalları rəqəmli foqmadan analıq formasına salan mikrosxemdir);
- Gücləndirici sxem (bütün əməliyyatlar həyata keçiriləndən sonra qəbul ediləcək analıq-danışıq informasiya sellərini sərbəst şəkildə gücləndirən mikrosxemdir);
- Ayırma bloku.

Bu məsələyə bir qədər aydınlıq gətirmək lazım gəlir. Məsələ burasındadır ki, radioqəbuledici anten tərəfindən qəbul edilən faydalı və bloklayıcı siqnallar ailəsi radioqəbuledici vasitənin girişinə daxil olur. Həmin kombinasiyalı siqnal emal olunmamışdan xeyli əvvəl, süni uzadıcı xətt komplektinin sxeminə, oradan isə gərginlik bölüşdürücü sxeminin girişinə daxil olur. Bu əməliyyatı etməkdə məqsəd analıq-rəqəm sxemini mühafizə etməklə onun işləmə imkanını saxlamaqdır. Məsələnin incəliyi orasındadır ki, analıq-rəqəm çevrilmələrini həyata keçirən LTC2217 adlı mikrosxem maksimum 1,2 – 1,8 V gərginlik rejimində işləyə bilər, yəni digər vəziyyətlərdə sadəcə olaraq mikrosxem yanır və öz işləmə imkanını həmişəlik itirir [13]. Praktiki olaraq, giriş siqnalının səviyyəsi mütləq surətdə məhdudlaşdırmaqla analıq-rəqəm çeviricisi üçün tələb edilən gərginlik güc səviyyəsi təmin edilmiş olur. Təsvir edilən vəziyyətdə həm faydalı və eyni zamanda maneəedici-bloklayıcı siqnalların da səviyyələri də məcburən məhdudlanır. Lakin gərginlik bölüşdürücü sxemi əvvəlcədən elə köklənir ki, analıq-rəqəm çeviricisi ancaq faydalı siqnalın rəqəmli formasını (məntiqi sıfır və vahidlər ardıcılıq kombinasiyası) tanıyır. Bundan sonra Furye çevrilmələri həyata keçirilməklə qəbul edilən siqnal tezlik çevrilmələrinə məruz qalır. Bu prosesdən sonra rəqəmli formadan analıq formasına düşmüş, lakin həddən artıq zəiflənmiş siqnal məcburən gücləndirilir və əvvəlki səviyyəyə qaldırılır

(təsvir edilən çevrilmə prosesində maneəedici-bloklayıcı siqnalın güc səviyyəsi məcburən maksimal dərəcədə zəifləndirilir). Süni xətt komplekti və analoq-rəqəm çeviricisi sinfaz rejimində işləyirlər. Nəticədə, ümumi qəbul edilən siqnalın tərkibindən bloklayıcı siqnalı kənarlaşdıranda ancaq faydalı siqnal qəbul edilir, gücləndirilir və qəbulediciyə daxil edilir. Burada bir məsələni də incəliklə başa düşmək lazım gəlir ki, nəzəri olaraq məsələnin həlli ilk baxışda sadə alınır, əslində isə, bu prosesdə süni xəttin sxemi üzərində işləmək elə də asan mühəndis işi deyildir, çünki süni xətt komplekti məlum tezlik diapazonunda hər iki siqnalı eyni vaxtda və eyni səviyyədə məhdudlayır. Biz hələ sinxronlaşdırma əməliyyatını demirik, yəni həm faydalı, həm də bloklayıcı siqnalların davam etmə müddətləri - t_1 və t_2 qiymətcə eyni olmalıdırlar, əks halda adı çəkilən bütün əməliyyatlar mənasız olacaqdır. Bu məsələyə şəkil 1.10 əsasında aydınlıq gətirməyə çalışaq. Şəkil 1.10-da U_1 , U_2 və U_3 kimi üç siqnalın amplitud təsviri nümayiş etdirilmişdir. Şəkildən görünür ki, U_3 amplitudalı siqnal süni xətt komplektindən digər iki siqnal isə analoq-rəqəm çevirici sxemindən keçir. U_1 və U_2 siqnalları ilə U_3 siqnalının amplitud qiymətləri arasındakı fərq nə qədər fərqlənirsə, maneəedici siqnalın mənfi təsiri də bir o qədər az olacaqdır. Təcrübələr əsasında məlum olmuşdur ki, çoxkanallı rabitə sisteminin qəbulunda - demodulyatorun çıxışında yaranan bloklayıcı siqnalların yaratdığı bloklayıcı siqnalların təsirindən



Şəkil 1.10. Siqnallar çoxluğunda maneəedici siqnalın təsirinin aradan qaldırılmasının təsviri

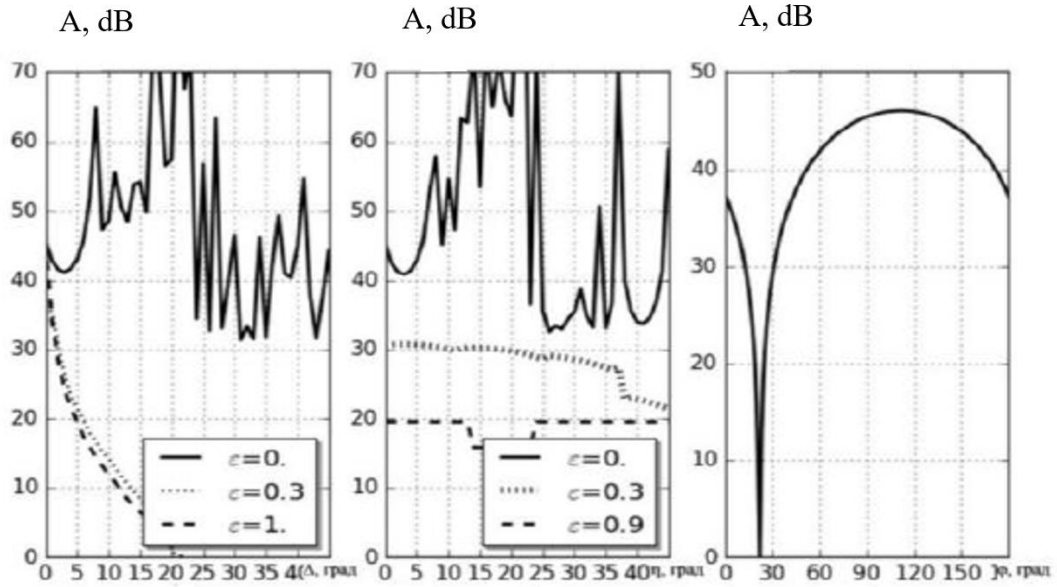
mühafizə olunması üçün, klassik qəbuledici anten qurğusu deyil, qəbul zamanı bioortoqonal konstruksiyalı antendən istifadə etməklə, daha yüksək nəticələrə nail olmaq olar.

1.4.3. Analoq-vektor üsulu

Radioverici və radioqəbuledici qurğuları eyni ərazidə yerləşdiyi vəziyyətdə bloklayıcı siqnalların təsirindən ən yaxşı və kifayət qədər səmərəli mühafizə üsulu - “analoq-vektor” üsulu sayılır. Üsulun mahiyyəti odur ki, siqnallar analoq-vektor çevrilmələrinə məruz qalmaqla yanaşı, eyni zamanda emal edilir. Emal dedikdə, çəki vektorunun siqnal vektoruna əsasən emalı nəzərdə tutulur. Təsir ancaq maddi siqnallarda olur. Sxem cəhətdən bu attenyuator sxemidir. Bu halda faza dəyişməsi tələb edilmir. Lakin qütbləri dəyişmək lazım gələndə fazaları selvari surətdə 180° dəyişdirilir (simmetrik elektrik dövrələrində tətbiq edilən antenlərdə qütblərin belə dəyişdirilməsi asanlıqla həyata keçirilir). Belə ki, siqnalların fazasını dəyişmədən onları emal etmək üçün sinfazlılığı təmin etmək lazım gəlir. Bu əməliyyatı aparmaq üçün xüsusi seçicilik qabiliyyəti olan antenlər tətbiq edilir. Sistemin imkanı (kanalların sayı, girişlərin sayı və s.) 2 və ya 3 ola bilər [14]. A.Y.Baraboşin, V.Y.Nikolayev, A.P.Trofimov kompüter modelləşdirilməsi ilə imitasiya etməklə, elmi tədqiqat işlərini aparmış, bloklayıcı siqnallardan mühafizə üsullarını tədqiq etmişlər. Samara şəhərində yerləşən Elmi-Tədqiqat İnstitutunun elmi işçiləri tərəfindən iki kanallı bir-birinə perpendikulyar olan iki çərçivəli biortoqonal antenli radioqəbuledici qurğu nəzərdən keçirilmişdir. Onun qəbul hissəsinə elektron açar, simmetrik transformator, attenyuatoru idarə edən blok və sinfaz cəmləyici qoşulmuşdur. Mahiyyət etibarı ilə, bu analoq-skalyar vuruculu siqnal vektorlu sxemdir. Çəki və maneə vektorlarının ortoqonallıq şərtində, attenyuator sxeminin ötürmə əmsalını hesablamaq üçün, aşağıdakı riyazi model təklif edilmişdir (çəkili vektorun elementidir):

$$S_{21}^{(1)} = -\frac{\frac{u_2}{u_1}}{\max(1, \left|\frac{u_2}{u_1}\right|)}, S_{21}^{(2)} = -\frac{1}{\max(1, \left|\frac{u_2}{u_1}\right|)} \quad (1.8)$$

(1.8) ifadəsində u_1, u_2 - siqnalların gərginliklərinin kompleks qiymətini göstərir. Bu təcrübədə məqsəd siqnal/maneə nisbətinin səmərəliliyini tədqiq etmək olmuşdur. Sıfır dərəcə dönmə bucağında təsvir edilən xarakteristikalarda normalın hərəkət edən antenə nisbəti $0^\circ - 90^\circ$ intervalında, maneə azimutu 22° və müxbirin azimutu isə 112°



Şəkil 1.11. Siqnal/maneə nisbətindən səmərəliliyin qrafiki nümayişi

olmuşdur. Şəkil 1.11-də eyni iş, polyarizə edilmiş ellips formalı antenlər üçün təsvir edilmişdir. Şəkildən görünür ki, xətti polyarizə edilən antendə ($\varepsilon = 0$) güclənmə 30-40 desibel və daha yüksək olub, maneə siqnalları işçi tezlik intervalında “boğulur”. Lakin bu fikirləri elliptik formalı polyarizə edilmiş anten haqqında demək olmaz, çünki bu antenin tətbiqində müsbət nəticə o vaxt yaranır ki, maneənin qiyməti çox cüzi olsun. Praktikada bu o deməkdir ki, ən yaxşı səmərəli mühafizə (siqnalın fazasını dəyişmədən) üsulu istifadəçiyə məxsus radioverici qurğu tərəfindən bloklayıcı siqnalların kənarlaşdırma üsuludur. Amma bu üsul yığcam maneələrin kənarlaşdırılması üçün az yararlıdır, çünki bu maneələr yerin ionosfer qatında yarandığı üçün onların təsiri həddən artıq güclüdür [15].

1.4.4. Tezlik spektrinin köçürülmə üsulu

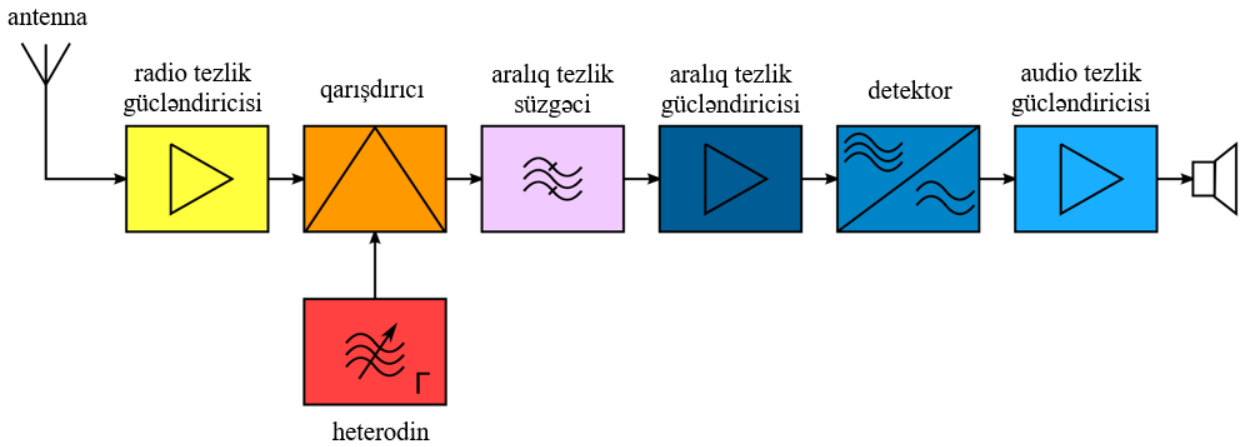
Çoxsaylı ədəbiyyat mənbələrinin öyrənilməsi əsasında məlum edilmişdir ki, faydalı siqnalları bloklayıcı siqnalların maneəedici təsirlərindən dəf edilib mühafizə edilməyin ən səmərəli, lakin texniki cəhətdən mürəkkəb və iqtisadi cəhətdən bahalı realizə üsulu, “tezlik spektrinin köçürülmə” və ya “superheterogen” üsulu hesab edilir. Superheterogen üsulu, superheterogen radioqəbuledicilərinin əsas üsulu olub danışıq siqnallarının qəbulu zamanı tezlik spektrləri aşağı tezlik spektrinə gətirilməklə, yüksək dərəcədə səmərəliliyə malik siqnal/maneə nisbəti ilə digər üsullardan fundamental sürətdə fərqlənir. Bu məsələyə bir qədər aydınlıq gətirək. Superheterogen radioqəbulediciləri tərəfindən qəbul edilən naməlum tezlikli siqnal emal olunmamışdan əvvəl aralıq tezlik blokuna daxil edilir. Burada, naməlum tezlikli siqnal digər tezlikli siqnallar ilə qarışaraq mütləq şəkildə gücləndirilir. Tezlikləri məlum olmayan siqnallardan mühafizə məsələsini kifayət qədər səmərəli yolla həll etmək olur [16]. Texniki ədəbiyyat mənbələrindən məlumdur ki, heterogen qurğusunun tərkibinə daxil olan darzolaqlı elektriki süzgəc, aralıq tezlik gücləndiricisi və demodulyator, digər tezliklərdə işləmir. Bu fikir “birbaşa güclənmə” üsulu ilə işləyən bir proqramlı səyyar radio qurğularına aiddir. Həmin üsuldan fərqli olaraq “birbaşa güclənmə” üsulunun tətbiqində bu fikri qətiyyənlə söyləmək olmaz. Məsələnin incəliyi orasındadır ki, superheterogen radioqəbuledicilərinin tərkibi dəyişəndə belə, aralıq tezliyi sabit qalmaqda, eyni zamanda çoxkanallıq rejimində işləmə prosesi uğurla davam edir. Bu isə praktikada o deməkdir ki, əsas siqnalları aralıq gücləndiricilərdə gücləndirməklə, radioqəbuledici qurğularda yüksək seçicilik və yüksək həssaslıq kimi keyfiyyət xarakteristikalarını almaq mümkündür. Aralıq güclənmə məsələsinin bir qədər izaha ehtiyacı vardır. Məsələn, deyək ki, tezliyi əvvəlcədən məlum olmayan f_{dan} - tezlikli siqnal alınmışdır. f_{dan} - danışıq tezlikli siqnal, əvvəlcə heterogen sxeminə, oradan isə qarışdırıcı sxeminə daxil olur. Mahiyyət etibarilə heterogen az güclü generator sxemi olub, yüksək f_{het} - tezliyi ətrafında daha yüksək kombinasiyalı çoxsaylı siqnallar ailəsini formalaşdırır. Adətən, heterogenin tezliyi qəbul edilən danışıq selinin tezliyindən aralıq tezlik qədər fərqlənir. Yəni,

$$f_{ar} = f_{het} - f_{dan} \quad (1.9)$$

qarışdırıcı sxemi qeyri-xətti element (məsələn, diod, tranzistor və s.) kimi işləyir. Ona görə də onun çıxışında çoxsaylı kombinasiyalı tezlik siqnalar ailəsi formalaşır. Məsələn:

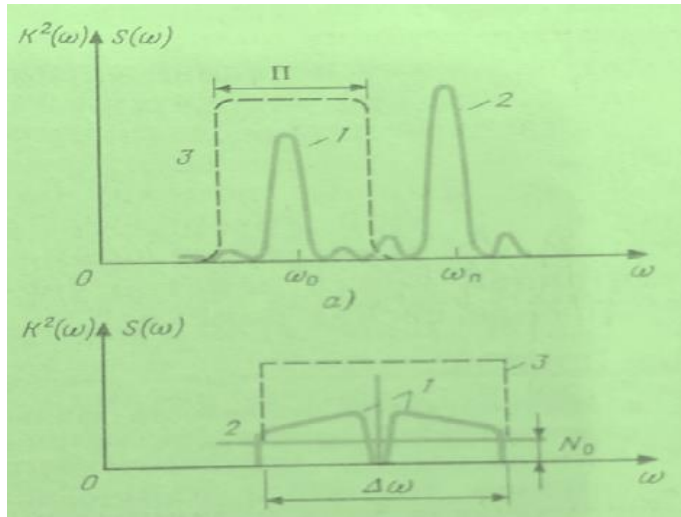
$$f_{het} \pm f_{dan}; 2f_{het} \pm f_{dan}; f_{het} \pm 2f_{dan} \quad (1.10)$$

Aralıq f_{ar} - siqnallarından birini seçmək lazım gələrsə, qarışdırıcı sxemin çıxışına aralıq tezliyə köklənmiş tək rəqslənmə konturu qoşulur. Şəkil 1.12-də superheterogen radioqəbuledicinin struktur elektriki sxemləri təsvir edilmişdir.

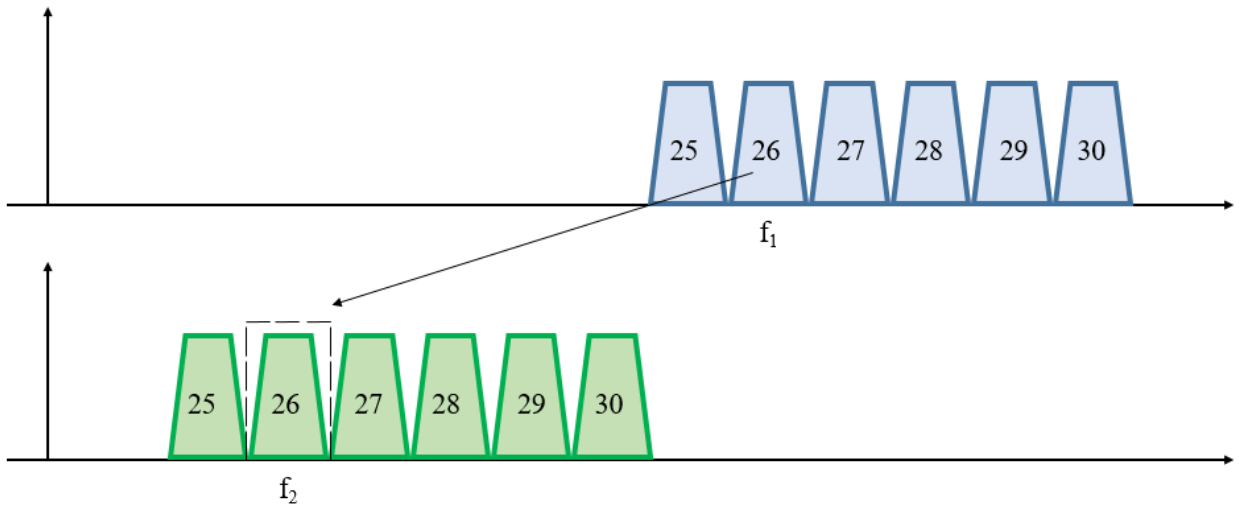


Şəkil 1.12. Superheterogen radioqəbuledicinin struktur sxemi

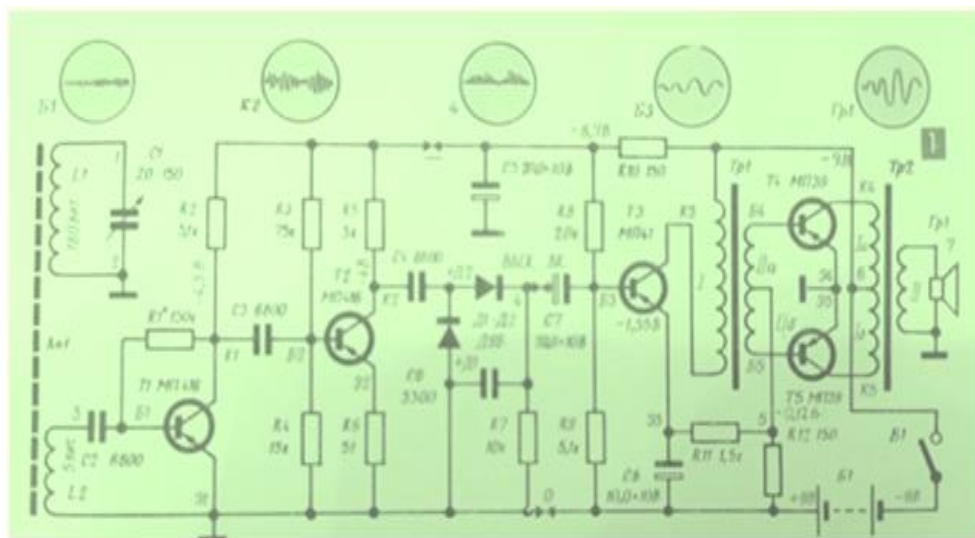
Radioqəbuledicinin çıxışında faydalı və bloklayıcı siqnalların birgə təsviri şəkil 1.13-də göstərilmişdir. Şəkil 1.14-də təsvir edilən şəkildə, trapesiya fiqurlarının daxilindəki rəqəmlər, müxtəlif tezlikli radiokanallarının sıra nömrəsini göstərir. Yuxarıda qeyd edildi ki, “superheterogen üsulu” eyni zamanda “tezlik spektrinin köçürülmə” üsulu adlanır [17]. Bu üsulun riyazi modeli ilə, daha yaxından tanış olaq. Şəkil 1.15-də radiokanal ilə daşınacaq faydalı və bloklayıcı siqnalların süzgəclər ilə ayrılmasının izahlı sxemi təsvir edilmişdir.



Şəkil 1.13. Superheterogen radioqəbuledicinin çıxışında faydalı və bloklayıcı siqnalların birgə təsviri



Şəkil 1.14. Qəbul edilən danışiq siqnalların köçürmə üsulunun fiziki təsviri



Şəkil 1.15. Superheterogen radioqəbuledicinin elektriki sxeminin təsviri

Riyaziyyatdan məlumdur ki,

$$\sin(\alpha) \sin(\beta) = \frac{1}{2}(\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)) \quad (1.11)$$

Baxılan vəziyyətdə, qarışdırıcı sxeminin çıxışındakı gərginliyin riyazi modeli, aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$U_Q = \sin(\omega_c t + \varphi) \sin(\omega_r t) = \frac{1}{2} \cos((\omega_c - \omega_r)t + \varphi) + \cos((\omega_c + \omega_r)t + \varphi) \quad (1.12)$$

Beləliklə, elmi-riyazi cəhətdən sübut edilir ki, giriş signalının təyinatından asılı olmayaraq, aralıq tezliyini dəyişməklə, qəbul edilən faydalı signalın tezlik spektrini - heterogen sxemini tətbiq etməklə asanlıqla başqa tezlik spektrinə keçmək olar. Bu, təcrübədə faydalı signalın bloklayıcı signalın maneəçisi təsirindən dəf edilməklə ən səmərəli və etibarlı mühafizə üsuludur. Yuxarıda səslənən mühəndis fikirlərinə əsaslanaraq tam əminliklə demək olar ki, bloklayıcı signalın dəf edilib zərərli təsirlərindən selektiv mühafizə üsulu kimi, heterogen və ya “tezliklərin köçürülmə üsulunun” əvəzi yoxdur, belə ki, o biri üsullar praktikada tətbiq edilsə də, amma bloklayıcı signalardan səmərəli mühafizə məsələsində bu üsulun tayı-bərabəri yoxdur. Bu məqsədlə, təsvir edilən sxemdə sadəcə olaraq, aşağı tezlikli süzgəc sxeminin yüksək tezlikli süzgəc sxemi ilə əvəz olunması, nəzərdə tutulan məsələni mühəndis nöqtəyi nəzərdən asanlıqla həyata keçirməyə real imkanlar verir. Nəticədə, dəf edilməsi tələb edilən ziyanverici bloklayıcı signal, belə demək mümkündürsə, sadəcə elektrik baxımından “kəsilib” atılır [18].

1.5. Birinci fəslin nəticələri

Bloklayıcı signalın təsirindən səmərəli şəkildə dəf edilmə prosesində, nəzərdən keçirilən üsulları, özlərinə məxsus tətbiq sahəsi, fiziki daşıyıcı mühit və obyektlər arasındakı məsafədən asılı olaraq, müsbət və mənfi xüsusiyyətlərə malikdirlər. Məsələn, analoq-vektor üsulunu təhlil edəndə məlum oldu ki, bu üsul o zaman uğurlu nəticələr verir ki, radioqəbuledici qurğular (vasitələr) ərazi cəhətdən bir-

birinə xeyli yaxın olmuş olsun. Məsələn, ərazi cəhətdən eyni deyil, müxtəlif məsafələrdə yerləşmiş radioverici və radioqəbuledici qurğular arasında bu üsulun tətbiqi, qətiyyən səmərəli deyildir. Ləngidilmə üsulu özünün layihələndirmə prosesinin çətinliyi onun ilə əlaqədardır ki işçi sönmə əmsalı eyni olanda bu işi görmək asandır, amma realıqda isə belə ideal vəziyyətin mümkünlüyü inandırıcı deyildir. Sinxronlaşma prosesinin həyata keçirilməsi isə, ümumən qəlizdir (siqnalları bir-birindən ayıran sxemlərin tezliyi üst-üstə düşməlidir, yəni sinxron iş rejiminə əməl edilməlidir). Amma bununla bərabər bloklayıcı siqnalların danışıq kanallarından dəf edilməklə ziyanverici təsirlərindən səmərəli mühafizə edən elektrik süzgəç və tezliklərin digər tezlik diapazonuna köçürülmə üsulları kimi üsulların mövcudluğu məlum olmuşdur. Hər iki üsul laboratoriya şəraitində modelləşdirilmişdir. Nəticələr və təsvirlər dissertasiya işində praktiki şəkildə nümayiş etdirilmişdir.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

CƏFƏROVA FƏRİDƏ MEHMAN qızı
İSMAYİLOV AYXAN CAVANŞİR oğlu
QULİYEVA MEHRİBAN FƏXRƏDDİN qızı

**“RABİTƏ SİSTEMLƏRİNDƏ BLOKLAYICI SİQNALLARIN SELEKTİV
DƏF EDİLMƏSİNİN TƏMİNİ ÜSULLARININ İŞLƏNMƏSİ”**

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627 – Elektronika, Telekommunikasiya və Radiotexnika

İxtisaslaşma: Telekommunikasiya Sistemlərinin İnformasiya Təhlükəsizliyi

Elmi rəhbər:

f.r.e.n., b/m. Hünbətəliyev Elmar

BAKI-2023

II FƏSİL. BLOKLAYICI SİQNALLARDAN MÜHAFİZƏ ÜSULLARININ MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

2.1. Süzgəclərin analizi və təyinatları

Çoxkanallı rabitə nəzəriyyəsindən məlumdur ki, ümumi siqnallar ailəsindən tələb edilən anda danışıq siqnallarını ayırmaq üçün ayrı-ayrı tezlik zolağında - tezlik spektrində işləyən danışıq kanallar təşkil edilir və ixtiyari kanal qonşu kanaldan aparıcı - daşıyıcı tezliyi ilə fərqlənir. Bu fiziki prosesi həyata keçirmək üçün klassik elektrikli süzgəc sxemləri əsasında işlənmiş çoxkanallı veriliş prosesi təşkil edilir [19]. Bu ideyada söhbət ondan gedir ki, istənilən siqnalı istər danışıq, istər idarəedicici və istərsə də maneəedicici-bloklayıcı siqnalları, müxtəlif tezliklərdə işləyən elektrikli çəpərləyici darzolaqlı rejektor süzgəclər tətbiq etməklə, ümumi siqnallar ailəsindən seçib, qruplaşdırıb və ayırmaq olar.

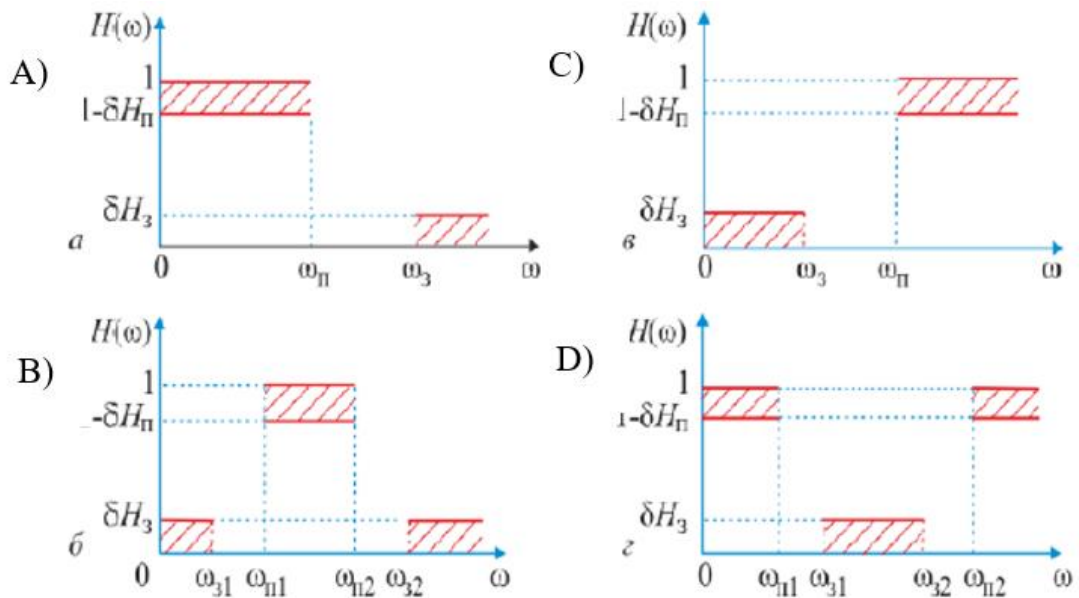
2.1.1. Elektrik süzgəclərinin analizi

Sadə, klassik C tutumlu və L induktivli sarğılar əsasında işlənmiş müxtəlif sxemli və təyinatlı elektrikli süzgəc sxemlərinin analizini aparmaq üçün çoxsaylı ədəbiyyat mənbələri diqqətlə öyrənilmiş və bu qərara gəlinmişdir ki, mövcud olan sadə süzgəclər ailəsi əsasında, müxtəlif tərtibli daha mürəkkəb kombinasiyalı süzgəclər ailəsindən istifadə edilməlidir. Məsələnin mühəndis nöqtəyi nəzərdən həll edilməsi üçün, birinci mərhələdə məlum elektrikli süzgəc sxemlərinin amplitud-tezlik, faza-tezlik və ötürmə xarakteristikaları ətraflı surətdə təhlil edilmiş və qərara alınmışdır ki, dissertasiya işində tələb edilən məsələni - yəni informasiya daşıyan kanalların tezlik spektrini ziyankar-bloklayıcı siqnalların təsirindən etibarlı surətdə dəf edilib mühafizə olunması üçün, onların mövcud sxemləri məcburu surətdə approksimasiyaya - dəyişiklikliyə uğramalıdır (texniki ədəbiyyatda xarakteristikanın elementar düzxətli hissələrə bölünməsi approksimasiya adlanır). Ötürmə xarakteristikası əsasında seçilən süzgəcin $H(z)$ ötürmə funksiyası diqqətlə təhlilə məruz qalmış, onun riyazi modeli öyrənilmişdir. İstifadə edilən ədəbiyyatlar əsasında mövcud çəpərləyici (texniki

ədəbiyyatda bunlar rejektor-kəsici süzğəclər adlanır) süzğəclərin xarakteristikalarının (ümumi işçi tezlik zolağı, sönmə- güclənmə əmsalı, buraxma və buraxmama tezlik zolağı, ötürmə əmsalı) tezlik imkanları magistr işində nəzərdə tutulan nəticələri əldə etməyə imkan verməyəcəkdir. Bunun səbəbləri odur ki, onlar, yəni mövcud zolaq-çəpərləyici (rejektor) süzğəclər iş zamanı, aşağıdakı tələblərə cavab verməlidir:

- Ötürmə xarakteristikasının qütblərinin sayı və ədədi qiymətlərinin tərkibində sıfırların sayı sabit qalmalıdır;
- Ötürmə əmsalındakı ədədlər sonlu olub, qütblərin sayından çox olmamalıdır;
- Qütblər sol yarımkürədə yerləşməlidir.

Tələb edilən ilkin şərtlər, praktiki olaraq, ideal süzğəclərin xarakteristikası olub, reallıqda onları həyata keçirmək xeyli çətindir. Odur ki, praktikada analoq sxemli elektrik süzğəcləri layihə edəndə, sadəcə olaraq onların məlum amplitud-tezlik xarakteristikalarına bir tələb verilir, onların tələb edilən ideal xarakteristikalardan fərqi nə qədər olacaqdır. Məsələn, real süzğəcin buraxma tezlik zolağında ötürmə əmsalı

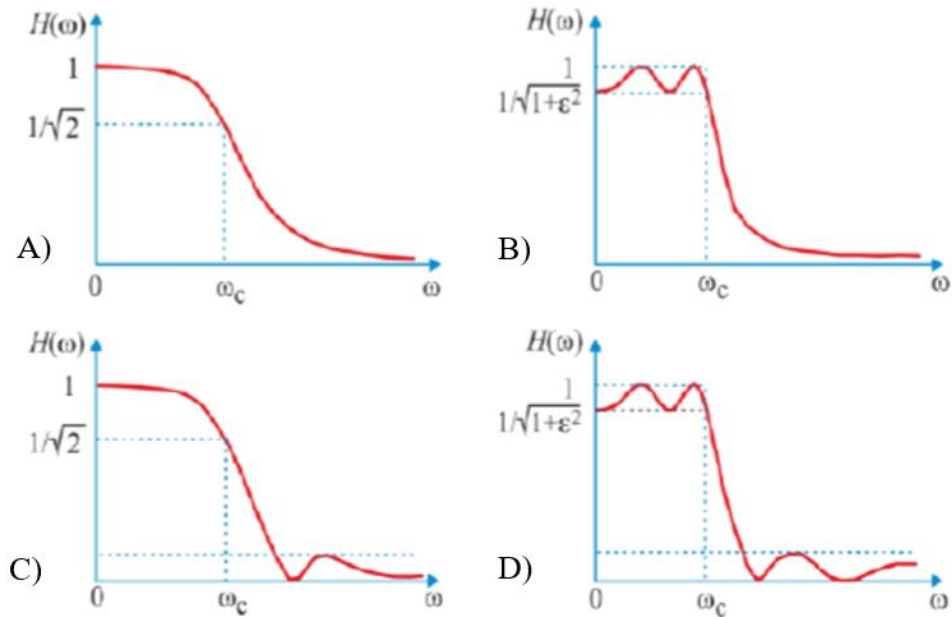


Şəkil 2.1. Süzğəclərə verilən tələbatların struktur sxemləri (A - Butterford süzğəci; B - Birinci sinif Çebışev süzğəci; C - İkinci sinif Çebışev süzğəci; D - Elleptik həndəsi formalı süzğəclər.)

$H(z)$ ideal zolaq süzgəcindən fərqi δH_n qədər olmaqla yanaşı, tələb edilən tezlik spektrində yerləşməlidir (şəkil 2.1). δH_n fərqi amplitud-tezlik xarakteristikasının buraxma tezlik zolağında, ideal xarakteristikadan qeyri-xəttiliyinin maksimum qiymətini göstərir [20, 21]. Ümumiyyətlə, elektrikli süzgəcin ötürmə əmsalının $H(z)$ sərt şəkildə $0...1$ və əksinə $1...0$ intervalında dəyişməsinə, reallıqda nail olmaq əslində mümkün deyildir. Məhz bu səbəbdən süzgəclər nəzəriyyəsində praktiki olaraq “buraxma tezlik zolağı” və “buraxmama tezlik zolağı” anlayışları qəbul edilmişdir. Deməli, ideal xarakteristikaya, əvvəlcədən yaxınlaşmaq üçün, praktiki olaraq tələb edilən real ötürmə əmsalının seçilən tezlik spektrində kənardan sərbəst surətdə idarə edilməsinin xüsusi idarəetmə proqramlaşmasını işləməklə dəyişmək olar. Bu isə artıq çoxsaylı bir-birinə paralel qoşulmuş və kənardan idarə edilən kombinasiyalı, yəni çoxsaylı sadə manqalı zolaq-rejektor süzgəclər ailəsi sxemi olmalıdır (buraxma zolağı və buraxmama zolağının təyin edilməsi üçün). Beləliklə, zolaq süzgəclərini layihələndirmək üçün ilkin olaraq, onların “buraxma” və “buraxmama” tezlik zolağının qırmızı sərhədləri, xarakteristikada yol verilən qeyri-xəttilik və tələb edilən tezliklərdə süzgəcin ötürmə (δH_n) əmsalının qiyməti əvvəlcədən verilməlidir, yəni real kombinasiyalı zolaq süzgəc sxemlərinin xarakteristikaları, əvvəlcədən tələb edilən xarakterik şərtlərə cavab verməlidir. Lakin tələb edilən xarakteristikalara cavab verən kombinasiya sxemli zolaq süzgəclərinin sxemini işləmək praktikada xeyli çətin olub, məlum xarakteristikalı süzgəc sxemləri üzərində əlavə korreksiya (korrektor sxeminin istifadə edilməsi) əməliyyatlarının aparılmasını məcburi surətdə tələb edir [22]. Bu isə artıq kənardan idarə edilə bilən proqramlaşması işlənmiş zolaq süzgəclərinin tətbiqini tələb edir. Elektriki zolaq-rejektor təyinatlı süzgəclərin sxemlərini əvvəlcədən yazılmış və işlənmiş proqram əsasında işləyəndə aşağıdakı ifadələrdən geniş surətdə istifadə edilir:

1. ATS - Aşağı tezlik süzgəci;
2. YTS - Yüksək tezlik süzgəci;
3. ZS- Zolaq süzgəci;
4. ÇS - Çəpərləyici süzgəc.

Qeyd etmək yerinə düşər ki, magistr işində praktiki olaraq eksperimentlər zamanı nümayiş etdirmək üçün real amplitud-tezlik xarakteristikalar (ATX) approksimasiya edilib düzbucaq formalı impulslar almağa imkan verən və radiotexniki vasitələrin idarə edilməsində geniş surətdə tətbiq edilən və proqramlaşması əvvəlcədən yazılmış kombinasiyalı zolaq-rejektor süzgəcinin hazır mikrosxemli platasından istifadə edilmişdir [23]. Texniki ədəbiyyatda həmin süzgəc sxemlərini təklif edən müəlliflərin adına görə, çoxsaylı zolaq-rejektor (çəpərləyici) süzgəcləri mövcuddur. Kombinasiyalı zolaq süzgəclər sxeminin amplitud tezlik xarakteristikasının buraxma tezlik zolağı hamar, buraxmama zolağı isə monoton xarakteristikalı qeyri-hamar hissəsinə malikdir. Şəkil 2.2 tipik zolaq süzgəclərinin amplitud-tezlik və faza-tezlik xarakteristikaları təsvir edilmişdir. Həmin süzgəclər müəlliflərin adına əsasən aşağıdakı kimi adlanır:



Şəkil 2.2. Tipik zolaq süzgəclərinin amplitud-tezlik və faza-tezlik xarakteristikalarının təsviri (A - Butterfold süzgəci; B - Birinci sinif Çebışev süzgəci; C - İkinci sinif Çebışev süzgəci; D - Elleptik həndəsi formalı süzgəclər.)

Adları sadalanan zolaq süzgəcləri haqqında qısaca aşağıdakı elmi fikirləri söyləmək olar:

- Birinci sinif Çebışev süzgəci. Çebışev süzgəcinin amplitud-tezlik xarakteristikasının buraxma tezlik zolağı pulsuaasiya döyünləri ilə,

buraxmama zolağı isə monoton paylanan (sabit) hissələri ilə digər zolaq süzgəclərindən fərqlənir (şəkil 2.2 B);

- İkinci sinif Çebışev süzgəci. Bu süzgəcin xarakterik cəhəti, amplitud-tezlik xarakteristikasının buraxma zolağının maksimum surətdə hamar olması, buraxmama zolağı isə tələb edilən sönmə səviyyəsinə görə, digər zolaq süzgəcləri sxemlərindən ciddi surətdə fərqlidir (şəkil 2.2 C);
- Elleptik həndəsi formalı anten sxemlərində tətbiq edilən zolaq süzgəcləri. Bu süzgəc sxemləri həm buraxma, həm də buraxmama tezlik spektrinin amplitud tezlik xarakteristikalarına görə eyni dalğavari formaya malik olması ilə, digərlərindən fərqlənir (şəkil 2.2 D).

Praktikada tələb edilən zolaq-rejektor təyinatlı süzgəc sxemlərini işləmək üçün iki təklif irəli sürülür. Birinci təklif: Bu təklifdə fərdi rejektor çəpərləyici zolaq süzgəcləri (manqaları) paralel şəkildə bir-birinə qoşulması təmin edilir. Nəticədə, yeni işlənən kombinasiyalı zolaq süzgəclər ailəsinin, ümumi ötürmə funksiyasının riyazi modeli, aşağıdakı kimi olur:

$$H(z) = H_{ATS}(z) + H_{YTS}(z) \quad (2.1)$$

Ümumiyyətlə, “buraxmama zolağı”nın tezlik sərhədləri daxilində, kombinasiyalı zolaq-çəpərləyici süzgəclərin sintezi, yəni işlənmə sxemi, həm yüksək, həm də aşağı tezliklərin birgə xarakteristikalarının təsvirini almaq deməkdir [24].

İkinci təklif. Bu təklif ilə elə çəpərləyici zolaq süzgəc sxemi təklif edilir ki, onu təşkil edən ayrı-ayrı süzgəc sxemlərindən (manqalarından) təşkil edilməsinə baxmayaraq, bir vahid amplitud-tezlik xarakteristikası təmin edilmiş olsun. Təsvir edilən çəpərləyici süzgəcin, ilkin bazası kimi, aşağı-tezlik süzgəcinin elektrik sxemindən istifadə edilir (söhbət kombinasiyalı çəpərləyici süzgəcin sxeminin işlənilməsindən gedir). Yəni, ω_1 və ω_2 tezliklərində işlənən (sintez edilən) kombinasiyalı süzgəclər çəpərləyici süzgəclər olub, ötürmə funksiyası $H(z)$, aşağı tezlik süzgəcinin S operatorunun $\frac{Bs}{(s^2 + \omega_0^2)}$ operatoru ilə əvəz edilməsi ilə yaratmaq olar.

Bu vəziyyətdə kombinasiyalı çəpərləyici süzgəcin ötürmə operatorunun riyazi modeli, aşağıdakı formaya düşür:

$$H(z) = W_H \frac{Bs}{(s^2 + \omega_0^2)} \quad (2.2)$$

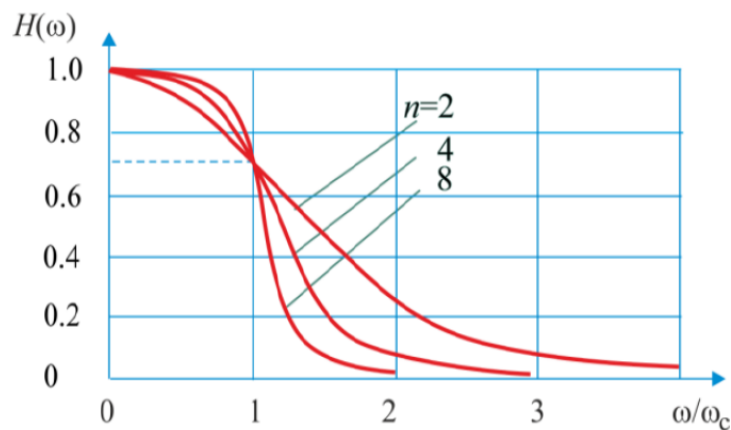
(2.2) ifadəsində $\Delta\omega = \omega_{32} - \omega_{31}$ olub, tezlik zolağının buraxıla bilən - əvvəlcədən sət sürətdə tələb edilən tezlik zolağını göstərir. Baxılan vəziyyətdə mərkəzi tezlik $\omega_0 = \sqrt{\omega_{31}\omega_{32}}$ - ifadəsi ilə hesablanmalıdır (yəni klassik süzgəcin tezlik zolağından fərqli olaraq).

2.1.2. Batterford süzgəci

“Batterford” zolaq-rejektor süzgəcinin xarakterik cəhəti, amplitud-tezlik xarakteristikasının “Batterford” çəpərləyici süzgəcinin ötürmə operatorunun riyazi modeli, aşağıdakı kimidir:

$$H(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c \times c^2}\right)^{2n}}} \quad (2.3)$$

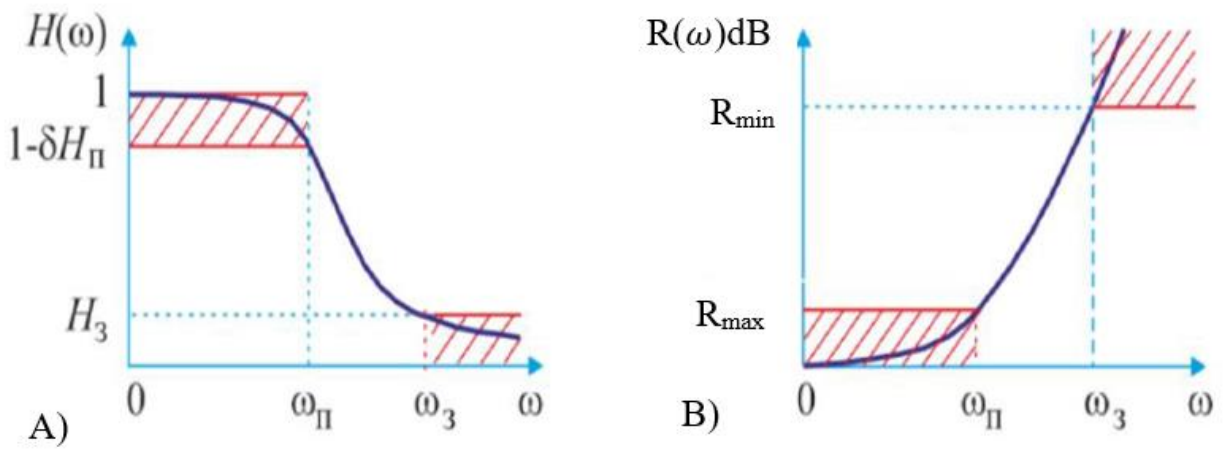
(2.3) ifadəsində ω_c - sərhəd buraxma tezlik zolağının qiymətini, n - süzgəcin tərtib dərəcəcini göstərir. Şəkil 2.3-də “Batterford” süzgəclərinin amplitud-tezlik xarakteristikalar ailəsi təsvir edilmişdir.



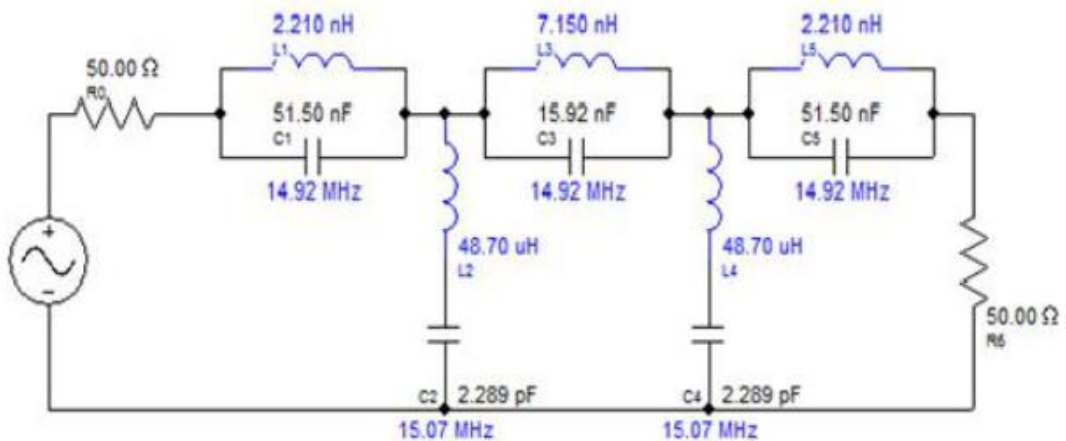
Şəkil 2.3. “Batterford” süzgəclərinin amplitud-tezlik xarakteristikalar ailəsi təsviri

“Batterford” sxemli süzgəclərinin elektrikli sxemini işlədikdə, əsas şərtin, yəni əvvəlcədən vacib şəkildə tələb edilən amplitud-tezlik xarakteristikasına malik olması şərtidir [25-27]. Praktikada, bu şərtin təmin edilməsi üçün, ötürmə funksiyasının əksisönmə funksiyası istifadə edilir (şəkil 2.4 b). Sönmə funksiyasının $-R(\omega)$ hesabı, aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$R(\omega) = 20 \lg \left(\frac{1}{H(\omega)} \right) \quad (2.4)$$



Şəkil 2.4. “Batterford” süzgəclərinin amplitud tezlik və sönmə xarakteristikalarına verilən tələblərin qrafiki izahı



Şəkil 2.5. “Batterford” süzgəcinin elektrikli sxemi

Batterford süzgəclərinin tərtib dərəcəsi aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$n = \frac{\lg \left[\frac{10^{0.1R_{min}-1}}{10^{0.1R_{max}-1}} \right]}{2 \lg \left(\frac{\omega_3}{\omega_n} \right)} \quad (2.5)$$

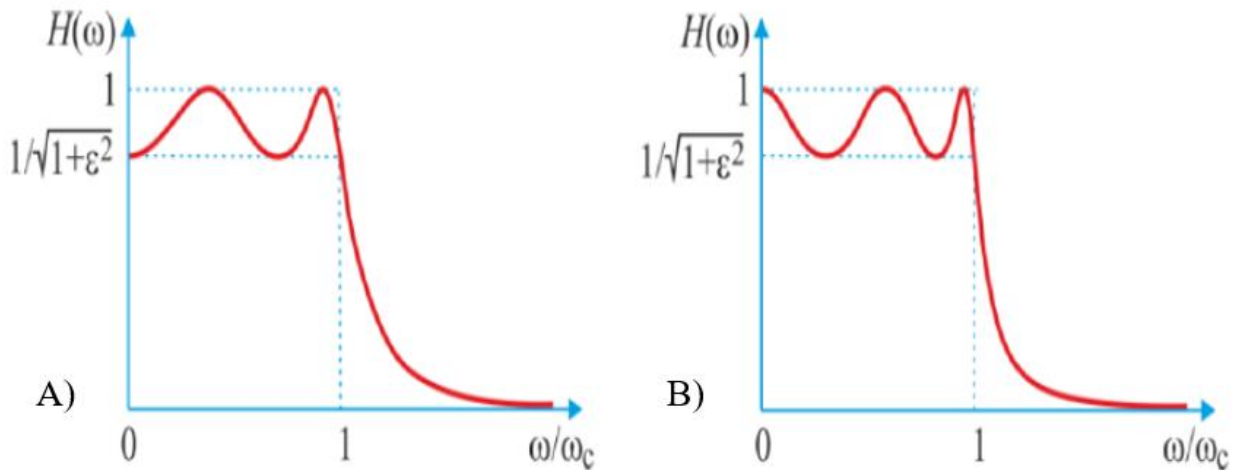
2.1.3. Birinci tərtib Çebişev süzgəci

Yuxarıda qeyd edildi ki, Çebişev süzgəcinin digər zolaq süzgəclərindən fərqi, onun amplitud-tezlik xarakteristikasının buraxma zolağının maksimum surətdə hamar, buraxmama zolağının isə tələb edilən sönmə səviyyəsinə malik olmasıdır. İkinci sinif Çebişev zolaq süzgəcinin ötürmə əmsalının kvadratı, aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$H^2(\omega) = \left(\frac{1}{1 + \varepsilon^2 V_n^2 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)} \right) \quad (2.6)$$

(2.6) ifadəsində V_n - Çebişev zolaq süzgəcinin polinomunu (dərəcəsinə) göstərir və aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$V_{n+1}(x) - 2xV_n(x) + V_{n-1}(x) = 0 \quad (2.7)$$



Şəkil 2.6. Birinci tərtib Çebişev süzgəcinin amplitud-tezlik xarakteristikalarının təsviri

Şəkil 2.6 - da birinci sinif 4 və 5-ci tərtibli Çebişev zolaq süzgəcinin amplitud-tezlik xarakteristikası nümayiş etdirilmişdir ($\varepsilon = 0,765$). Burada (tərtiblər) $a - n = 4, b - n = 5$. Çebişev zolaq süzgəcinin amplitud-tezlik xarakteristikasının buraxma zolağı pulsuasiyalar, buraxmama zolağı isə monoton dəyişən əyriliyə malikdir [28].

Birinci sinif Çebişev zolaq süzgəcinin amplitud-tezlik xarakteristikasının buraxma tezlik zolağında pulsuasiya (səpələnmə) həddi aşağıdakı ifadə ilə, hesablanır:

$$\delta = 1 - \frac{1}{\sqrt{1+\varepsilon^2}} \quad (2.8)$$

(2.8) ifadəsində iştirak edən ε - əmsalı, tamamilə sərbəst parametr olub, buraxma tezlik zolağında pulsuasiya xarakteristikasının qeyri-xəttiliyi həddinin ədədi qiymətini göstərir.

Birinci sinif Çebişev zolaq süzgəcinin tezlik zolağında tələb edilən sönmə həddinin təmin edilməsi üçün, tələb edilən dərəcəlik, aşağıdakı ifadə ilə hesablanıla bilər:

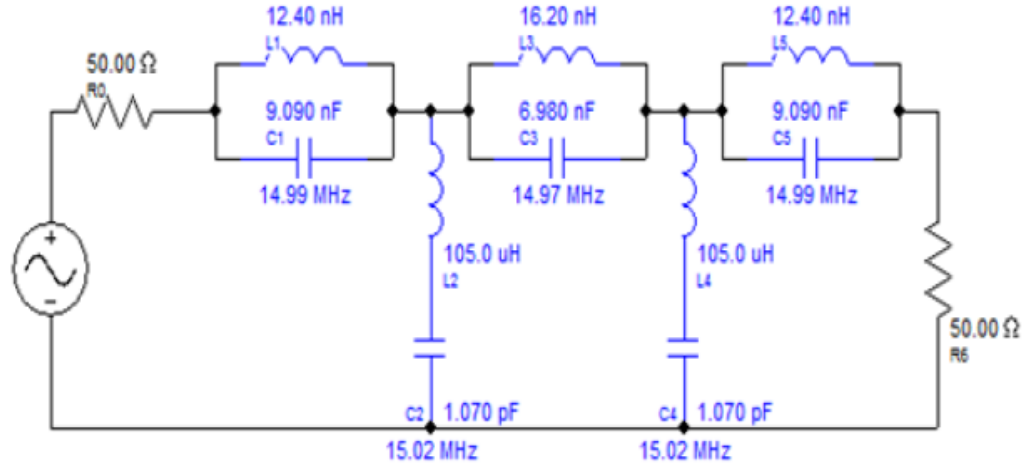
$$n = \frac{\text{Arch} \sqrt{\frac{(10^{0.1R_{\min}} - 1)}{(10^{0.1R_{\max}} - 1)}}}{\text{Arch}\left(\frac{\omega_z}{\omega_n}\right)} \quad (2.9)$$

(2.9) ifadəsində $\text{Arch}(x)$ - əks hiperbolik kosinusu, R_{\min} və R_{\max} - ω_z və ω_n tezlik nöqtələrində yaranan sönmələri göstərir [29].

2.2. Birinci tərtib Çebişev və Butterford süzgəclərinin modelləşdirilməsi

Hal-hazırda zolaq süzgəclərinin layihələndirilməsi üçün çoxsaylı proqram təminatı işlənmişdir. Məsələn Filter Solutions, RFS-in proqram təminatı. Bunların tətbiqi ilə uzun sürən cansıxıcı hesabları aparmadan xarakteristikası əvvəlcədən tələb edilən ixtiyari sxemli zolaq süzgəclərini modelləşdirmək və imitasiya etmək olar. Məsələn, Butterford və Çebişev zolaq süzgəci sxemlərini imitasiya edən “Nuhertz Technologies” kompaniyasının təklif etdiyi Filter Solutions proqramını göstərmək

olar. Bu sxemləri modelləşdirməkdə son məqsəd onların tərkibindəki tutumların və induktiv sarğılarının qiymətinin dəyişdirilməsi ilə tezlik zolağının dəyişdirilməsi imkanındır [30].

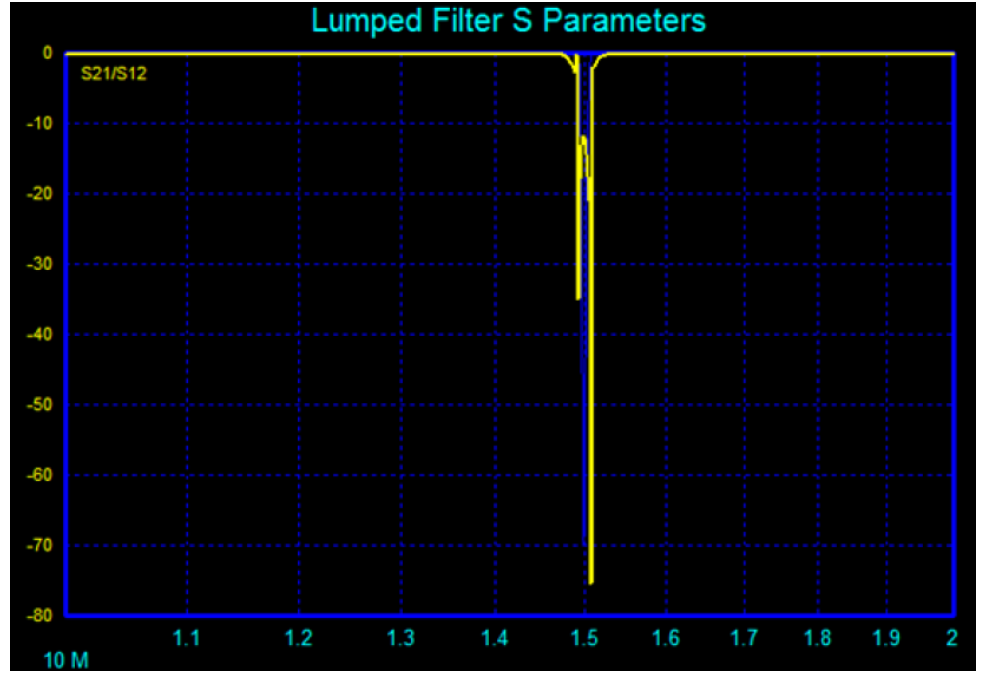


Şəkil 2.7. Çebişev süzgəcinin elektrik sxeminin təsviri

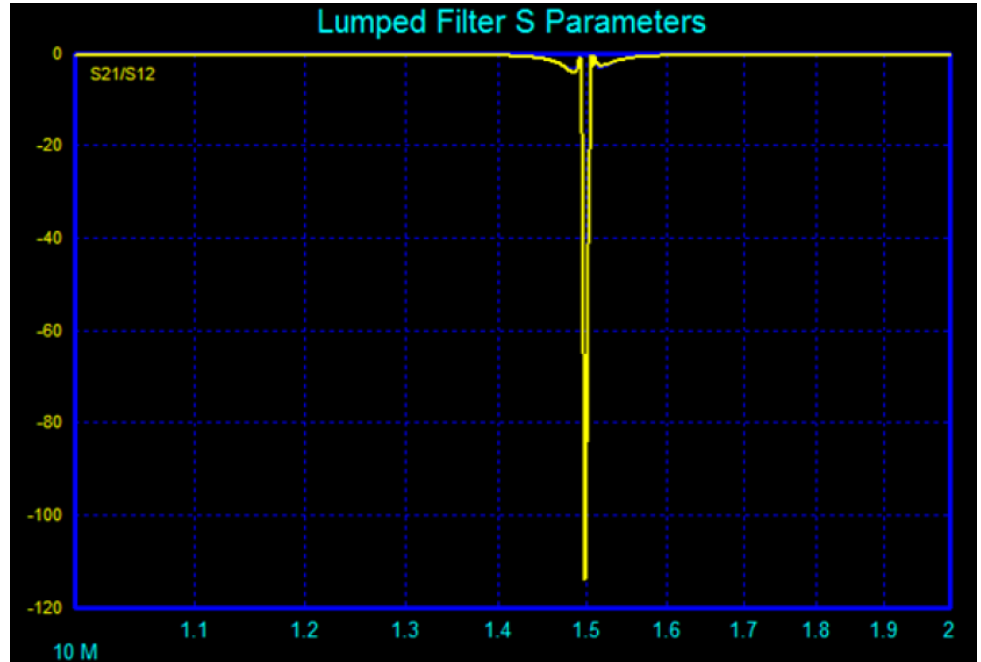
Modelləşdirmə zamanı aşağıdakı parametrlərə malik olma imkanı imitasiya edilmişdir:

- Mərkəzi tezlik zolağı ($F = 15 \text{ MHz}$);
- ATX-nın sönmə xarakteristikasının qeyri-bərabərliyi ($D = 3.01 \text{ dB}$);
- 3 Desibel səviyyəsində buraxmama tezliyi - 100 KHz ;
- Buraxmama zolağının eni - 60 KHz ;
- Buraxmama tezlik zolağı sərhəddi - 40 dB .

Yuxarıda adı çəkilən xarakteristikaları almaq üçün dərəcəsi, yəni tərtib səviyyəsi $n=5$ olan süzgəc tələb edilir. Əvvəlcə, beşinci tərtib Butterfordun və birinci tərtibli Çebişevin rejektor süzgəcinin elektrik sxemləri modelləşdirilmişdir (şəkil 2.8 və 2.9). Onların xarakteristikalarını təhlil edəndə məlum olmuşdur ki, Butterford zolaq süzgəcinin amplitud-tezlik xarakteristikasında ayrilik birinci tərtib Çebişev süzgəci ilə müqayisədə nisbətən daha yüksək alınmışdır [31]. Bundan sonra C2 və C4 tutumlarının ədədi qiymətlərini dəyişməklə modelləşdirmə prosesi davam etdirilmişdir. Belə hesab edilmişdir ki, həmin parametrləri dəyişməklə buraxmama tezlik zolağı ya sağa, ya da sola sürüşdürmək mümkündür. Beləliklə, seçmə-selektiv üsulla bloklayıcı süzgəclərin mənfi təsirini aradan qaldırmaq olar.



Şəkil 2.8. “Filter Solutions” proqramı əsasında Batterford süzgəcinin ATX-ın ekranda təsviri



Şəkil 2.9. “Filter Solutions” proqramı əsasında birinci tərtib Çebişev süzgəcinin ATX-ın ekranda təsviri

Proqramlaşdırma nəticələri göstərmişdir ki, bu məqsədə çatmaq əslində mümkün olmamışdır, çünki belə demək mümkündürsə, səmərə qanedicisi olmamışdır (nəticələr cüzi olmuşdur).

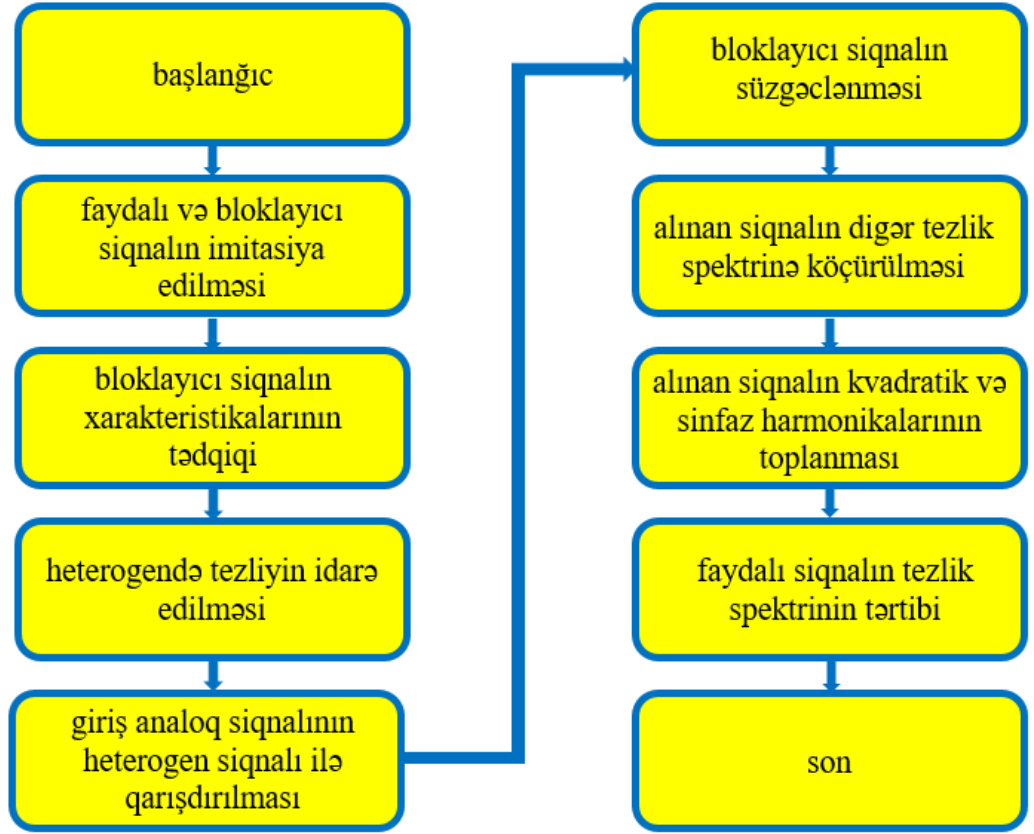
2.3. “Tezliklərin köçürülmə üsulu”nun modelləşdirilməsi

Bloklayıcı siqnalların təsirini dəf edib aradan qaldırma eksperimentinin təşkili və algoritmi haqqında bu bölmədə bəhs edilmişdir. Laboratoriya şəraitində “tezliklərin köçürülmə üsulu” eksperimentləri təşkil edilmişdir. Bu üsulun realizə sxemi aşağıda təsvir edilmişdir (şəkil 2.10).



Şəkil 2.10. Proseslərin fiziki təsviri

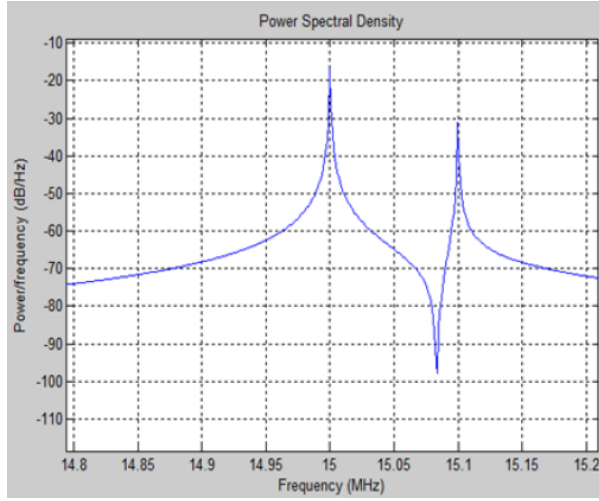
Yazılmış proqram əsasında superheterogen qəbuledici sxemində faydalı və bloklayıcı siqnalların bir-birinə qarışdırılma prosesindən sonra, ümumi siqnal aşağı tezlik zolaq süzgəcinin tezlik spektrinə daxil edilir [32]. Qarışdırıcı sxeminin vəzifəsi danışıq faydalı siqnalın aparıcı tezliyini çoxsaylı tezlik spektri ailəsi tərkibindən aşkar edib onu ayırmaqdır. Demodulyasiya prosesində qarışdırıcı sxemini yüksək tezlik süzgəcinə qoşmaqla, aşağı tezlikli faydalı siqnal, süni surətdə yüksək tezlik spektrinə köçürülmüş olur. Bundan sonra tələb edilən tezlik zolağını asanlıqla “kəsmək” olar (şəkil 2.10). Nəzərdə tutulan üsulu laboratoriya şəraitində modelləşdirmək üçün MATLAB R2014a proqramı tətbiq edilmişdir. MATLAB - bu müxtəlif texniki təyinatlı məsələləri həll etmək üçün tətbiq edilən xüsusi təyinatlı yüksək səviyyəli proqram vasitəsidir. Qeyri formal olaraq proqramın algoritmi aşağıdakı kimidir (qeyd: tələb edilən tezlik kimi qısa dalğa uzunluğunda istifadə edilmişdir):



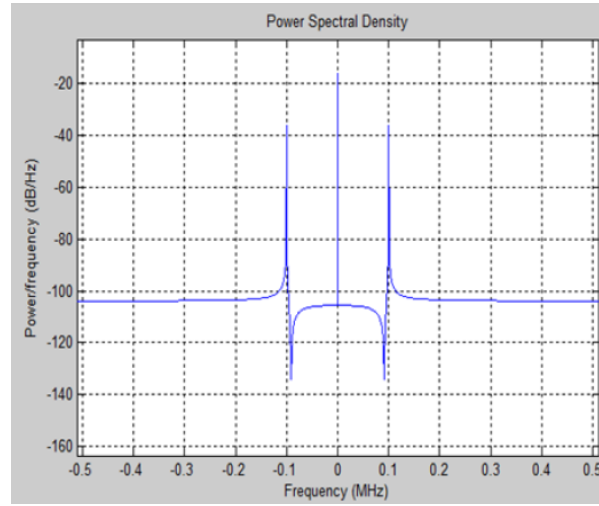
Şəkil 2.11. “Tezliklərin köçürülmə üsulunun” algoritmi

Modelləşdirmə prosesində bloklayıcı siqnal üçün $f = 15$ meqahers, faydalı siqnal üçün isə $f = 15,1$ meqahers qəbul edilmişdir. Təsvirdən də görünür ki, tezliklər bir-birinə yaxın olduğu üçün tezlik spektri də bir-birinə xeyli yaxındır. Bunu etməkdə məqsəd, daşıyan faydalı siqnalın digər tezlik zolağına köçürülməsini xarici görünüşü bloklayıcı siqnalın təsirini reallıqda fiziki olaraq tezlik analizatorunun ekranında müşahidə etməkdir.

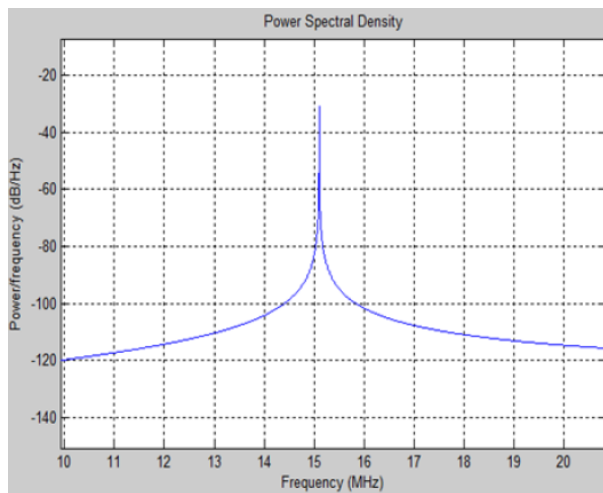
Bloklayıcı siqnalın aparıcı tezliyi aşkar ediləndən sonra, giriş siqnalının aparıcı tezliyə, sonra isə heterogenin tezliyində süni surətdə “qarışdırılması” əməliyyatı aparılmışdır. Heterogen generatoru faktiki olaraq bloklayıcı siqnalın mənbəyi vəzifəsini yerinə yetirir. Bundan sonra alınan faydalı siqnal ilə bloklayıcı siqnalın cəmi aşağı tezlik zolağının 60 kilohers intervalında seçilməsi bloklayıcı siqnalı “kəsməyə” kifayət etmişdir (şəkil 2.14, modelləşdirmənin təsviri nəticələri).



Şəkil 2.12. Bloklayıcı və faydalı siqnalın spektrinin ekran təsviri



Şəkil 2.13. Aşağı tezlik diapazonunda faydalı və bloklayıcı siqnalın spektri



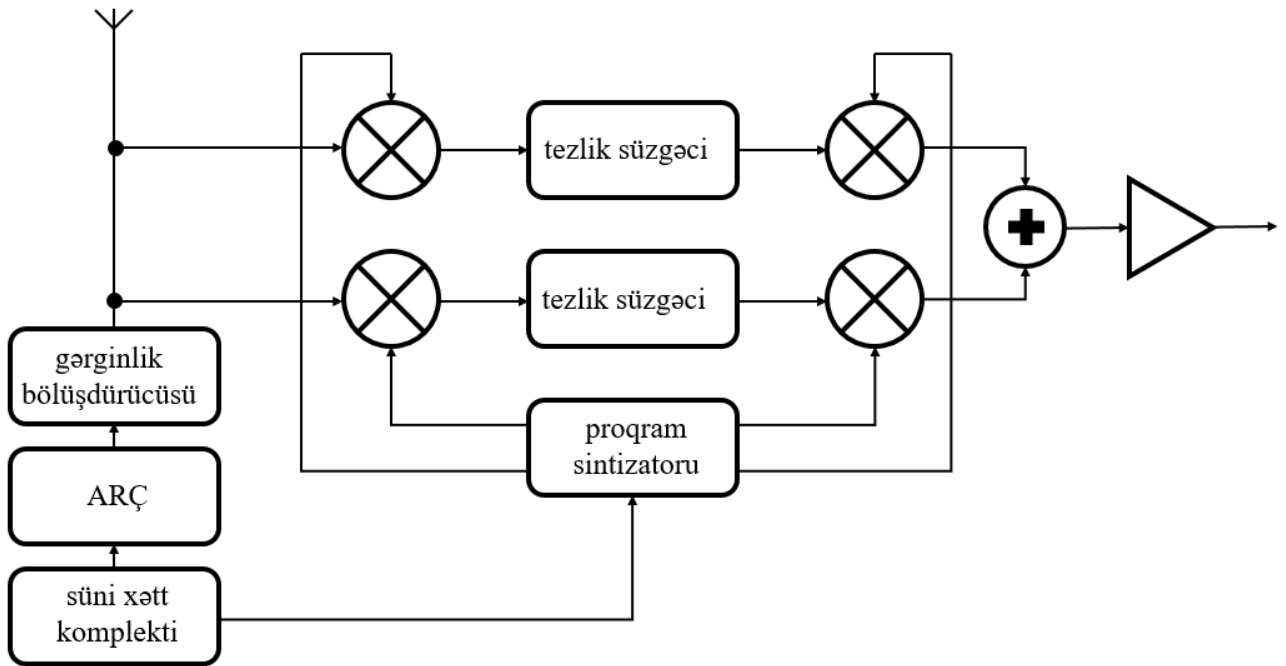
Şəkil 2.14 İnformasiya daşıyan faydalı siqnalın spektral təsviri

Aparılan eksperiment işlərinin sonunda, aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir:

1. Zolaq-rejektor süzgəci qarşıya qoyulan məsələni bloklayıcı siqnalın ziyanlı bloklama imkanını, real surətdə həll etməyə imkan vermişdir.
2. İşləmə tezlikləri əvvəlcədən məlum olmayan tezlikdə işləyən zaman bu məsələnin həlli, yəni bloklama siqnalının selektiv üsulla təyin edilib kəsilməsi məsələsi öz həllini tapmamışdır.
3. Qərara alınmışdır ki, yuxarıda adı sadalanan kombinasiyalı sxemlərdən zolaq süzgəci kimi istifadə edilsin.

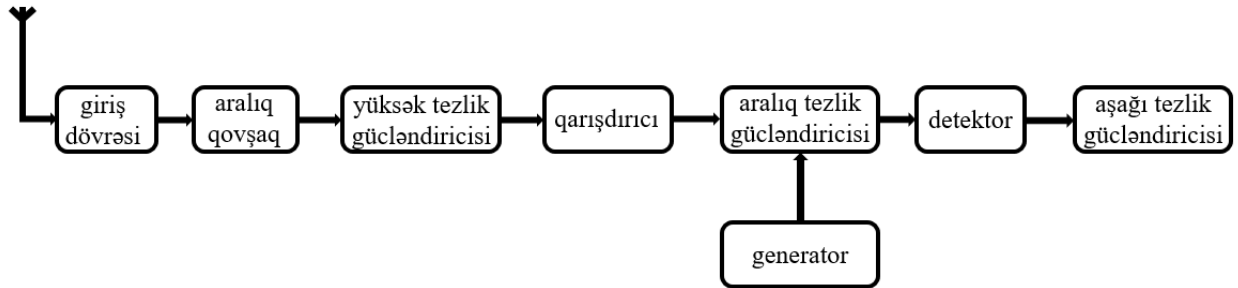
2.4. Bloklayıcı siqnalların təsirindən mühafizə vasitəsinin layihə edilməsi

Bloklayıcı-maneəedici siqnalların danışıq kanallarından dəf edilib kənarlaşdırılma üsulları ətraflı surətdə təhlil edildikdən sonra, bloklayıcı siqnalların təsirini aradan qaldıran radiotexniki vasitənin struktur sxemi işlənmişdir (şəkil 2.15).



Şəkil 2.15. Bloklayıcı siqnalları formalaşdıran radiotexniki vasitənin struktur sxemi

Radiotexniki vasitənin bloklayıcı siqnalları formalaşdırən hissəsinin - vasitənin struktur sxemi (şəkil 2.16) aşağıdakı funksional hissələrdən ibarətdir [33]:

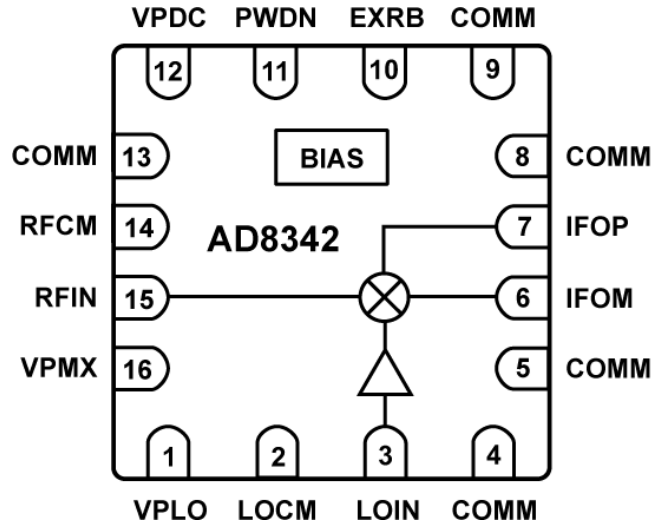


Şəkil 2.16. Radiotexniki dövrənin struktur sxemi

- Qarışdırıcı. Onun vəzifəsi siqnalları bir-biri ilə qarışdırmaqdır (tezliklərin toplanması və ya çıxılması əməliyyatları);
- Gərginlik bölüşdürücüsü. Onun vəzifəsi bloklayıcı siqnalları rəqəmsallaşdırmazdan və tezlik xarakteristikalarını müəyyən etməmişdən əvvəl, giriş siqnallarını danışıq kanallarından kənarlaşdırmaqdır;
- Analoq-rəqəm çeviricisi. Onun vəzifəsi analoq danışıq sellərini rəqəmli sellərə çevirməkdir;
- Qarışdırıcı. Onun vəzifəsi bloklayıcı siqnalın tezliyini müəyyən etmək üçün Furse çevirmələrini həyata keçirməkdir;
- Proqram sintezatoru - DDS. Onun vəzifəsi heterogen qurğusunun vəzifəsini yerinə yetirməkdir;
- YTS - yüksək tezlik süzgəci. Onun vəzifəsi bloklayıcı siqnalın təsirini aradan qaldırmaqdır;
- Cəmləyici. Onun vəzifəsi sinfaz və kvadratik harmonikaları cəmləməkdir;
- Rəqəmli mikrosxem bazalı gücləndirici. Onun vəzifəsi siqnalların çevrilməsi prosesində informasiya itkilərinin təsirini azaltmaqdır.

Radiotexniki vasitənin iş prinsipi aşağıdakı kimidir: Fəza ilə yayılan radio siqnalları bloklayıcı siqnalların zərərli təsirini selektiv olaraq aradan qaldıran və əvvəlcədən konkret tezliyə köklənmiş anten qurğusunun tərəfindən qəbul edilir. Qəbul edilən siqnallar gərginlik bölüşdürücüsünə daxil olur. Gərginlik bölüşdürücüsü analoq-

rəqəm çeviricisini giriş siqnallarının güclü təsirindən mühafizə etmə vəzifəsini yerinə yetirir. Təsvir edilən prosesdən sonra siqnal analoq-rəqəm çeviricisinə daxil edilir. Burada siqnal rəqəmləşdirilir və bloklayıcı siqnalın tezliyini müəyyən etmək üçün Furye çevirmələrini həyata keçirən çevirici sxeminə daxil edilir. Çevirici, öz növbəsində, siqnallar içindən bloklayıcı siqnalları müəyyən edərək sonrakı əməliyyatları həyata keçirən və heterogen vəzifəsini yerinə yetirən sintezatora komanda verir ki, o qəbul edilən faydalı, lakin yüksək tezlikli siqnalları aşağı danışıq tezlikli siqnallara çevirmək üçün generasiya vəzifəsinə başlasın. Yüksək tezlikli süzgəc bloklayıcı siqnalların tezlik spektrini alaraq onların danışıq siqnallar zonasından uzaqlaşdırır (sadə dildə desək, bu tezlikləri buraxmır, çünki ixtiyari süzgəc konkret tezliyə hesablandığı üçün bu vəzifəni asanlıqla həyata keçirir). Bu mərhələdə faydalı informasiya daşıyan siqnal ilkin vəziyyətə qayıtmaqla onun kvadratik və sinfaz harmonikalarının toplanma prosesi başlanır. Artıq danışıq - informasiya daşıyan siqnal radioqəbuledici hissəyə daxil edilməzdən əvvəl onun mütləq şəkildə gücləndirilməsi prosesi baş verir və siqnalın səviyyəsi qaldırılır (sönmələr azaldılır). Təsvir edilən ardıcılıqla radioverici hissənin layihə edilməsi çoxsaylı müxtəlif təyinətli süzgəc sxemlərindən istifadə etmədən, bloklayıcı siqnalların mənfi təsirindən yüksək səviyyəyə mühafizəsi təşkil edilir [34]. Digər bir müsbət cəhət odur ki, radioqəbuledici hissənin seleksiya funksiyasını həyata keçirən qovşağın konstruktiv elementlərinin sayının kifayət qədər azaldılmasına imkan verilməsidir, çünki daha mürəkkəb sxemli heterogen sxemindən deyil, bu vəzifəni yerinə yetirən analoq-rəqəm çeviricisi, cəmləyici və DDS-təyinətli sintezator sxemlərindən istifadə edilir. Vahid plata üzərində işlənmiş bu qurğu indi nəinki bloklayıcı statik təyinətli siqnallardan, həmçinin, təsadüfi maneə siqnallarından da radioqəbuledici qurğunu uğurlu şəkildə mühafizə etməyə imkan verir. Şəkil 2.17-də “Analog Devices” şirkətinin təklif etdiyi mikrosxem bazalı AD8342 qarışdırıcı sxeminin plata üzərindəki təsviri nümayiş etdirilmişdir [35].



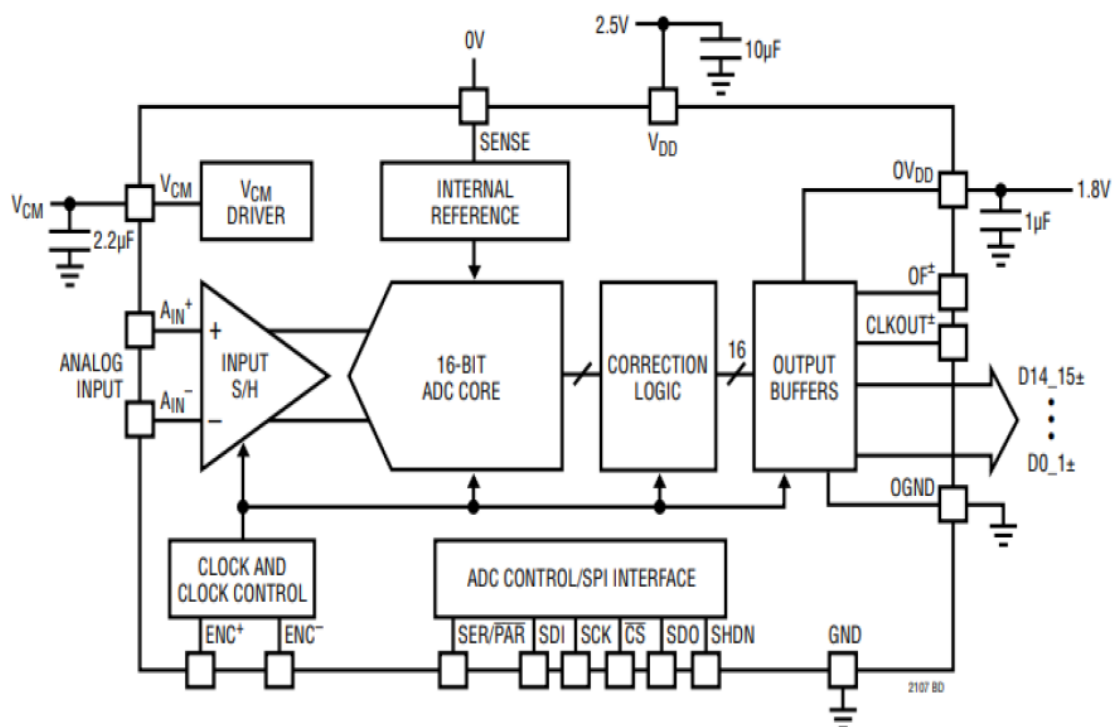
Şəkil 2.17. “Analog Devices” kompaniyasının təklif etdiyi AD8342 qarışdırıcı sxeminin plata üzərində təsviri

Mikrosxem aşağıdakı xarakteristikalara malikdir:

- Qida mənbəyi - 5,5 V;
- Giriş siqnalının gücünün səviyyəsi - 12 dBm;
- İşçi tezlik - 3,8 QHz;
- Səpələnən gücün qiyməti - 650 mVt;
- İşçi ətraf istilik temperaturası (+ 40° C-dən + 85° C-ə kimi).

“Analog Devices” kompaniyasının təklif etdiyi LTC2107 analoq-rəqəm çeviricisi aşağıdakı xarakteristikalara malikdir :

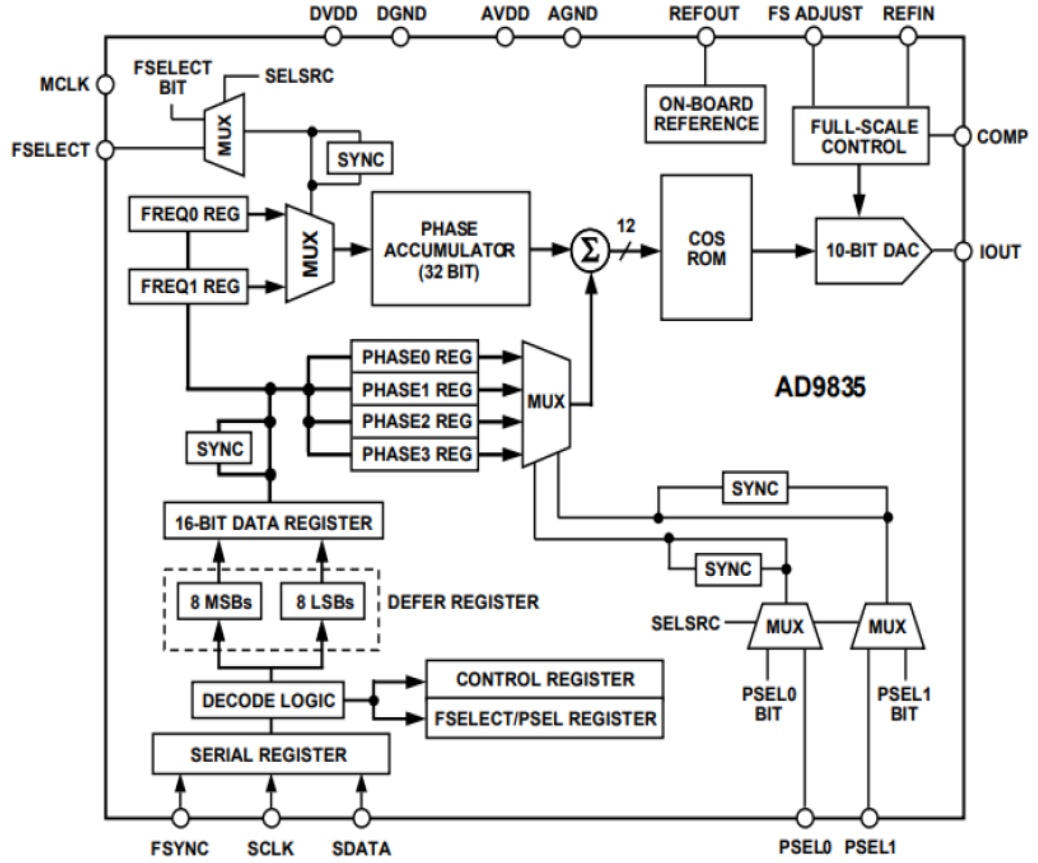
- Qida mənbəyi - 2,8 V;
- Giriş maksimal gərginliyi - 200 mV;
- Çıxış maksimal gərginliyi - 300 mV;
- Səpələnən gücün qiyməti - 1280 mVt;
- İşçi ətraf istilik temperaturası (+ 40° C-dən + 85° C-ə kimi).



Şəkil 2.18. LTC2107Mikrosxemli analoq-rəqəm çeviricisi

Təcrübələr aparılan vəziyyətdə, Furiye çevirmələrini aparan sxem kimi, “Analog Devices” şirkətinin təklif etdiyi XC5SLX100T-2FG676CAD9850 mikrosxem bazalı sxemindən istifadə etmişdir (şəkil 2.19). Həmin mikrosxem aşağıdakı xarakteristikalara malikdir :

- Məntiqi sxemlərin sayı - 150000-ə kimi;
- Qida gərginliyi - 1,2 V (LX alt ailəsinə aid ifrat yüksək veriliş sürətli 1,0 V kristalı);
- Geydirilmiş aparat bloku - DSP48A1;
- Sürətli radioverici qəbuledicilərinin sayı - (LXT alt elementlər ailəsi);
- Sinxronlaşdırma və idarəetmə bloku - CMT.

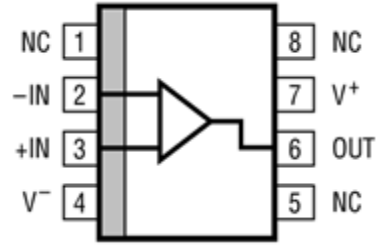


Şəkil 2.19. “Analog Devices” kompaniyasının təklif etdiyi mikrosxem bazalı AD9850 sintezatorunun sxeminin plata üzərində təsviri

“Analog Devices” kompaniyası siqnalın tezlik spektrini digər tezlik spektrinə göndərən mikrosxem kimi AD9850 sintezatorunu təklif etmişdir (şəkil 2.19).

DDS hissəsinin mikrosxemli platasının xarici təsviri təklif etdiyi DDS AD9850 adlı sintezatorundan (DDS sintezatoru) istifadə edilmişdir. AD9850 (şəkil 2.19) sintezatoru aşağıdakı hissələrdən təşkil edilmişdir [36]:

- Qida gərginliyi 7 voltluq qida mənbəyi;
- Giriş gərginliyinin maksimal qiyməti - 300 mV;
- Çıxış gərginliyinin maksimal qiyməti - 300 mV;
- Səpələnən -itən enerjinin gücü - 580 mVt;
- İşçi işləmə diapazonu (+ 40° C-dən + 85° C-ə kimi).



Şəkil 2.20. LT1494 mikrosxemli gücləndiricinin plata üzərində təsviri

Mikrosxem bazalı gücləndirici kimi “Analog Devices” kompaniyasının təklif etdiyi LT1494 adlı mikrosxem bazalı gücləndiricidən istifadə edilir (bu hissə qəbul prosesində rəqəmli siqnalı analoq forması ilə əvəz edəndən sonra analoq siqnalı xeyli zəifləmiş olur (şəkil 2.20) və zəiflənməmiş analoq siqnalını gücləndirmək və əvvəlki - girişdə qəbul edilən güc səviyyəsinə çatdırmaq, eyni zamanda güc itkilərini azaltmaq-kompensasiya etmək üçün, mikrosxem bazalı gücləndiriciyə ehtiyac yaranır). “Analog Devices” şirkətinin təklif etdiyi mikrosxem bazalı LT1494 gücləndiricisinin texniki xarakteristikası aşağıdakı kimidir:

- Qida gərginliyi - 36 V-a qədər;
- Güclənmə əmsalı - 20;
- Səpələnən güc itkiləri - 1020 mVt;
- İşçi ətraf temperaturası (+ 40° C-dən + 85° C-ə kimi).

2.5. İkinci fəslin nəticələri

Laboratoriya şəraitində aparılmış təcrübələrin məntiqi nəticəsində tezliklərin ayrılma proseslərinin fiziki modelləşdirimə prosesləri aparıldıqdan sonra məlum olur ki, bloklayıcı, yəni digər yan tezlik harmonikalarının seçilib ayrılma prosesini reallıqda həyata keçirtmək olar. Təcrübə rejektor süzgecinin tətbiqi nəticələri almağa, yəni bloklayıcı maneə siqnallarının dəf edilib mühafizə məsələsini həll etməyə kifayət etmişdir. Lakin bu halda seçicilik - selektivlik məsələsi həllini tam tapmamışdır, yəni tezliklərin tez-tez dəyişdirilməsi mümkün olmamışdır, çünki yan tezlik harmonikalarının parazit təsirini aradan qaldırmağa imkan vermir. Əslində, elektrik

süzgəc sxemlərini təşkil edən tutumların (kondensatorların) və induktiv sarğıların ədədi qiymətinin dəyişdirilməsi səmərəli olsa da, bu eksperimentlər prosesinin aparılmasına kifayət etməmişdir. Məhz bu obyektiv səbəbdən yazılmış proqram əsasında zolaq süzgəclərinin yeni sxemi modelləşdirilmişdir (onun struktur sxemi dissertasiya işində təqdim edilmişdir). Bu sxem bloklayıcı siqnalların dəf edilib mənfi təsirindən çoxkanallı rabitə sistemlərini, o cümlədən, radioverici və radioqəbuledici qurğularını, səmərəli surətdə mühafizə etməyə imkan vermişdir. Bunun üçün yuxarıda adı çəkilən xarici firmaların təqdim etdiyi mikrosxem bazalı modulyator və demodulyator sxemləri bu işdə əvəzsiz nəticələrin əldə edilməsinə imkan vermişdir. Başqa sözlə desək, qarşıya qoyulmuş praktiki vəzifəni yerinə yetirməyə real imkanlar vermişdir. Buna əsas səbəb odur ki, əvvəlcədən tələb edilən idarə edilən xarakteristikalı zolaq-rejektor elektrik süzgəclərin sxemlərinin modelləşdirilməsinə praktiki imkan verdiyi üçün axtarılan ideal sxemli və xarakteristikalı zolaq süzgəclərinin sxemlərini işləməyə imkan vermişdir. Əslində, bu böyük sənaye əhəmiyyətli bir məsələdir.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

MUSAYEV ƏHMƏD VƏZİR oğlu

**“RABİTƏ SİSTEMLƏRİNDƏ BLOKLAYICI SİQNALLARIN SELEKTİV
DƏF EDİLMƏSİNİN TƏMİNİ ÜSULLARININ İŞLƏNMƏSİ”**

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627 – Elektronika, Telekommunikasiya və Radiotexnika

İxtisaslaşma: Telekommunikasiya Sistemlərinin İnformasiya Təhlükəsizliyi

Elmi rəhbər:

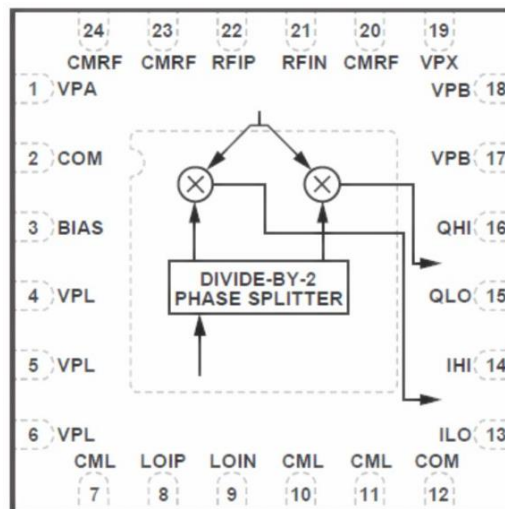
f.r.e.n., b/m. Hünbətəliyev Elmar

BAKI-2023

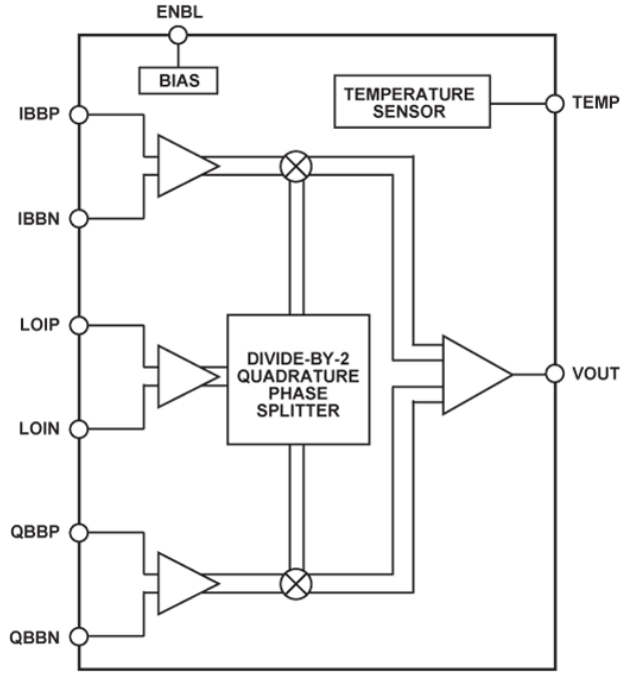
III FƏSİL. TEZLİKLƏRİN KÖÇÜRÜLMƏ TEXNOLOGİYASI - BLOKLAYICI SİQNALLARIN DƏF EDİLMƏSİNİN HƏLLİ VASİTƏSİ KİMİ

3.1. Ümumi məlumat

Əvvəlki fəsillərdə bloklayıcı siqnalların dəf edilib zərərli təsirlərindən səmərəli mühafizə üsulları nəzərdən keçirilmişdir. Nəzəri olaraq, onların müsbət və mənfi cəhətləri qeyd edilmişdir. Bundan sonra, adları sadalanan nöqsanlardan azad olan yeni üsulun axtarışına başlanılmışdır. Lakin bunun üçün çoxsaylı ədəbiyyat mənbələri diqqətlə oxunulmuş və məlum olmuşdur ki, belə bir üsul mövcuddur. Bu üsulu “tezliklərin köçürmə üsulu” adlandırmaq qəbul edilmişdir. Əvvəlki fəsildə qeyd edilmişdir ki, ixtiyari tələb edilən tezlik spektrini müxtəlif təyinatlı zolaq süzgəclərinin tətbiqilə bu faydalı və praktiki əhəmiyyətli işi uğurla başa vurmaq olar. Beləliklə, məntiqi olaraq bu üsul aşkar edilmişdir. “Tezliklərin köçürmə üsulunu” laboratoriya şəraitində praktiki olaraq sınamaq üçün “Analog Devices” firmasının təklif etdiyi mikrosxem bazalı kvadratik sxemli modulyator - ADL5387 və demodulyator - ADL5385 sxemlərinə müraciət edilmişdir (şəkil 3.1). Laboratoriya şəraitində bu üsulun eksperimentini aparmaq üçün tələb edilən hazır laboratoriya stendini “BSKB Vostok” Aksioner cəmiyyəti təklif etmişdir [37].



Şəkil 3.1. Kvadratik ADL5387 demodulyatorunun funksional sxemi



Şəkil 3.2. Kvadratik ADL5385 modulyatorunun funksional sxemi

ADL5387 mikrosxeminin xarakteristikalar aşağıdakı kimidir :

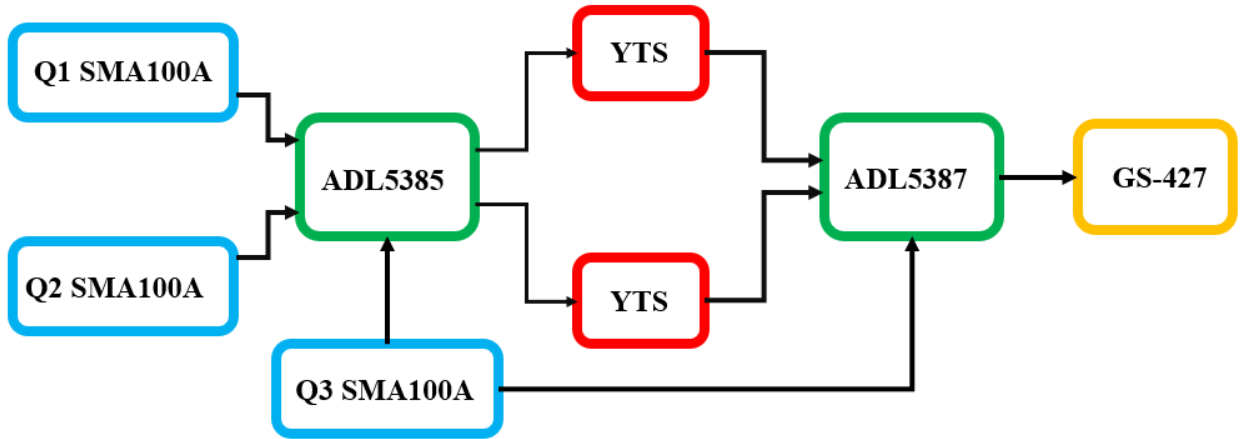
- Qida gərginliyi - 5,5 V;
- Giriş siqnalının maksimum güc səviyyəsi - 13 dB;
- Çıxış siqnalının maksimum güc səviyyəsi - 15 dB;
- Səpələnən (qızma gücü) gücün qiyməti - 1,1 Vt;
- İşçi temperatur diapazonu – (-65 C°-dən +125 C°-ə kimi).

ADL5385 mikrosxeminin xarakteristikaları aşağıdakı kimidir :

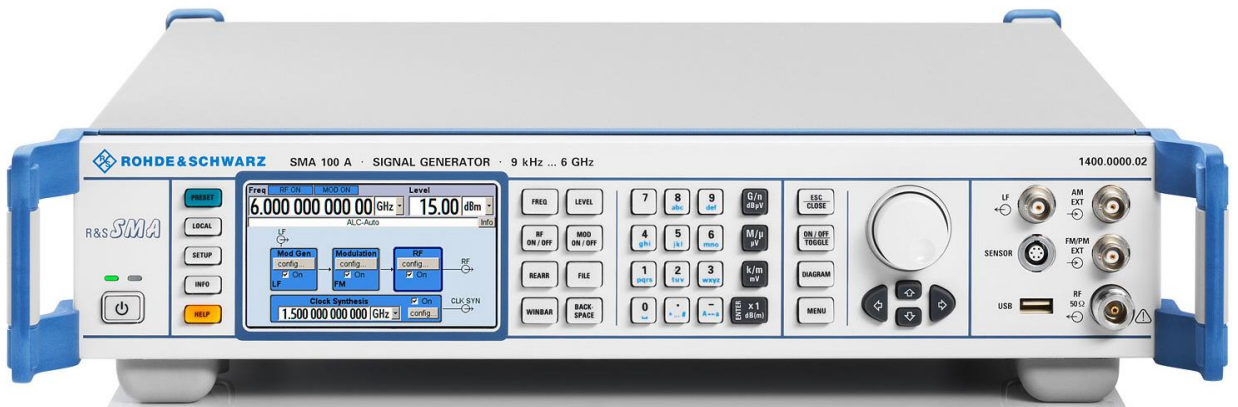
- Qida gərginliyi – 5,5 V;
- Giriş siqnalının maksimum güc səviyyəsi - 13 dBm;
- Çıxış siqnalının maksimum güc səviyyəsi - 15 dBm;
- Səpələnən (qızma gücü) gücün qiyməti – 1,375 Vt;
- Ətraf istilik temperaturu – (-40 C°-dən +150 C°-ə kimi);
- İşçi temperatur diapazonu – 2,2 Qhs.

3.2. “Tezliklərin köçürülmə” üsulunun laboratoriya şəraitində tədqiqi eksperimentinin təşkili

Şəkil 3.3-də laboratoriya şəraitində tələb edilən eksperimenti aparmaq üçün hazır stendin struktur sxemi təsvir edilmişdir. Təsvir edilən laboratoriya stendində faydalı danışıq və ziyankar-bloklayıcı və heterogen siqnallarını imitasiya etmək üçün yüksək tezlik generatorları SMA100A adlı cihazdan istifadə edilmişdir [38]. Yüksək tezlik generatorları SMA100A adlı cihaz aşağıdakı texniki xarakteristikalara malikdir:



Şəkil 3.3. "Tezliklərin köçürülmə" üsulunun laboratoriya şəraitində tədqiqi eksperimentinin struktur sxemi



Şəkil 3.4. “SMA100A” cihazı

- Tezlik diapazonu 9 khs - 3 QHs;
- Aşağı səviyyəli birzolaqlı maneə mənbəyi -141 Desibel (Bir qiqahers

tezlik diapazonunda 20 kiloherslik intervallı bir hersli tezlik zolağında ölçmələr);

- Yüksək çıxış gücü +18 dBm/Vt güclü çıxış signalı (genişlənmə rejimində +28 dBm/Vt);
- Bütün tezlik zolağında işləyən və yüksək gərginliklərdən mühafizə edilə bilən elektron attenuator sxemi;
- Yüksək tezlik süzgəcləri - $f = 60$ kHs.

Qeyd: Təqdim edilən eksperiment əsasında faydalı signalın 60 kilohers tezlik zolağına qədər diapazonunda bloklayıcı signalın təsirini tamamilə aradan qaldırılır. Burada GSP-427 adlı analizator sxemi ilə tezlik spektrinin seçilməsinə nəzarət təşkil edilir [38]. GSP-427 adlı tezlik spektr analizatoru aşağıdakı texniki xarakteristikaya malikdir:

- Ölçü həddi – 9 kHs-dən 2,7 QHs-ə kimi;
- İş rejiminin işləmə tezlik zolağı - 2 kHs-dən 2,5 QHs-ə kimi;
- Faydalı danışıq signalının tezlik zolağı buraxma zolağı – 3 kHs;
- Signalın giriş gücü səviyyəsi - +20 dBm/Vt.

Laboratoriya stendinin iş prinsipi aşağıdakı kimidir. Yüksək tezlikli generatordan (Q1) bloklayıcı siqnalların, (Q2) generatorundan isə faydalı informasiyalı signalın daxil olması imitasiya edilir. Hər iki signalın eyni anda mikroxem bazalı ADL5387 kvadratik demodulyator platasının girişinə daxil edilməsi təmin edilir. Laboratoriya stendində Q3 generatoru hetoregen vəzifəsini yerinə yetirməklə yanaşı, ADL5385 modulyatoruna və ADL5387 demodulyatoruna eyni anda tələb edilən tezlikləri daxil etməklə, müxtəlif tezlikli harmonikalarının bir-birindən ayrılması funksiyasını həyata keçirir. Hər iki harmonika çıxışa qoşulmuş yüksək tezlik süzgəclərinin girişinə daxil olur [39]. Bu vəziyyətdə ADL5387 demodulyatorunun çıxışında giriş signalının sinfaz və kvadratik harmonikaları ayrılır. Burada ümumi harmonikalar ailəsindən bloklayıcı (yəni digər yan tezlikli harmonikaları) siqnallarının bir birindən ayrılma funksiyası həyata keçirilir. Faydalı və digər parazit (bloklayıcı) harmonikalar həmin süzgəclərin tətbiqi ilə bir-birindən ayrıldıqdan sonra, faydalı yan

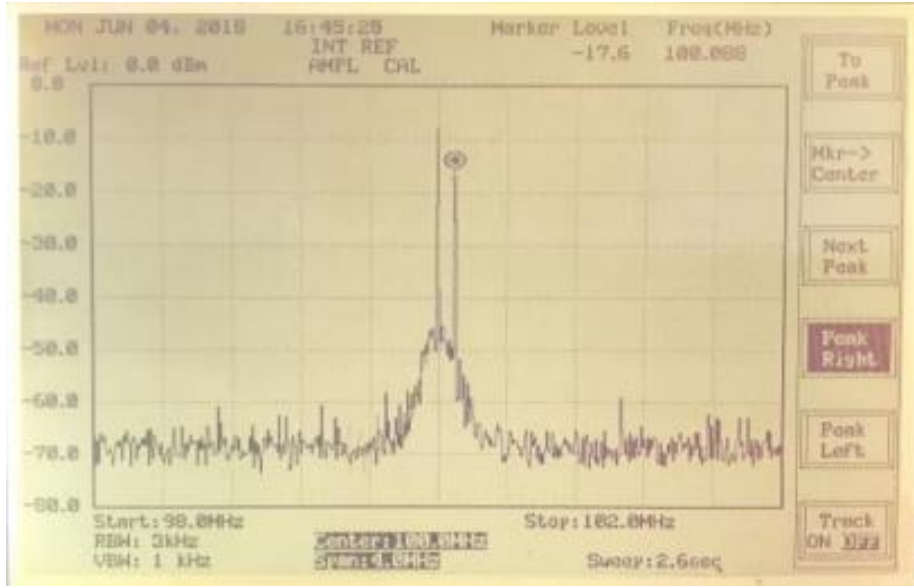
tezlik harmonikasını ADL5385 modulyatoruna daxil olması təmin edilməklə onun həmin anda digər aşağı tezlik-danışıq spektrinə köçürülməsi təmin edilir. Stendə - ADL5385 modulyatorunun çıxışına GSP-827 adlı tezlik spektr analizatoru qoşulmuşdur. Onun köməyi ilə tezlik seçilir, ölçü işləri aparılır və cihazın şkalasındakı göstəriciləri, yəni işin son nəticələri qeyd edilir [40]. Beləliklə, nəzərdə tutulan məqsəd - yəni tezliklərin köçürülmə funksiyası həyata keçirilir (faydalı siqnallar demodulyasiya edilmiş olur).

3.3. "Tezliklərin köçürülmə" üsulunun sınaqması

Laboratoriya stendi yığılıandan sonra üsulun sınaqması əməliyyatı aparılmışdır. Bu halda faydalı və maneə-bloklayıcı siqnalların mənbəyi kimi aşağıdakı ilkin xarakteristikalardan istifadə edilmişdir:

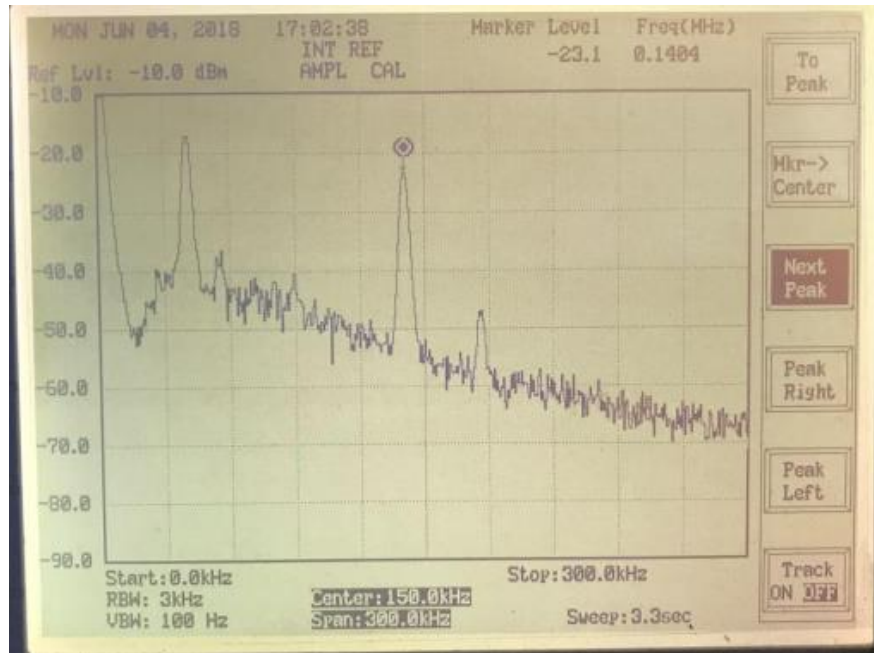
- Bloklayıcı siqnalın tezliyi - 100 MHz;
- Bloklayıcı siqnalın səviyyəsi - 0 dB;
- Faydalı siqnalın tezliyi - 100,1 MHz;
- Faydalı siqnalın səviyyəsi - 10 dB;
- Hətoregenin tezliyi 200 MHz (kvadratik modulyator və demodulyator girişlərinə ikiqat tezlik verilir);
- Hətoregenin siqnalının səviyyəsi - (-6) dB.

Şəkil 3.5-də faydalı və bloklayıcı siqnallardan təşkil edilmiş giriş siqnalının tezlik spektrinin təsviri göstərilmişdir.

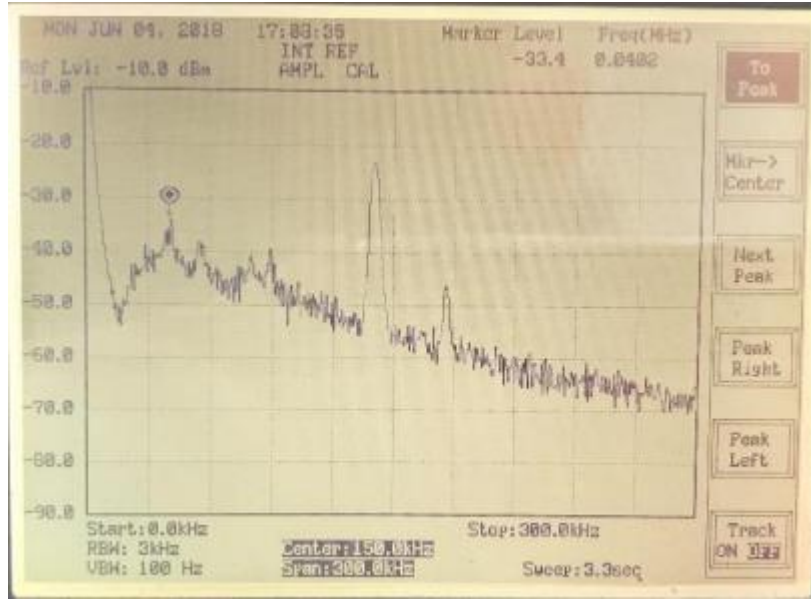


Şəkil 3.5. Faydalı və bloklayıcı siqnalın analizatorun ekranında təsviri

Bu zaman bloklayıcı siqnalın səviyyəsi -16 dB, faydalı siqnalın səviyyəsi isə -23,1 dB olmuşdur. Növbəti ölçü işləri yüksək tezlik süzgəcinin çıxışında aparılmışdır.

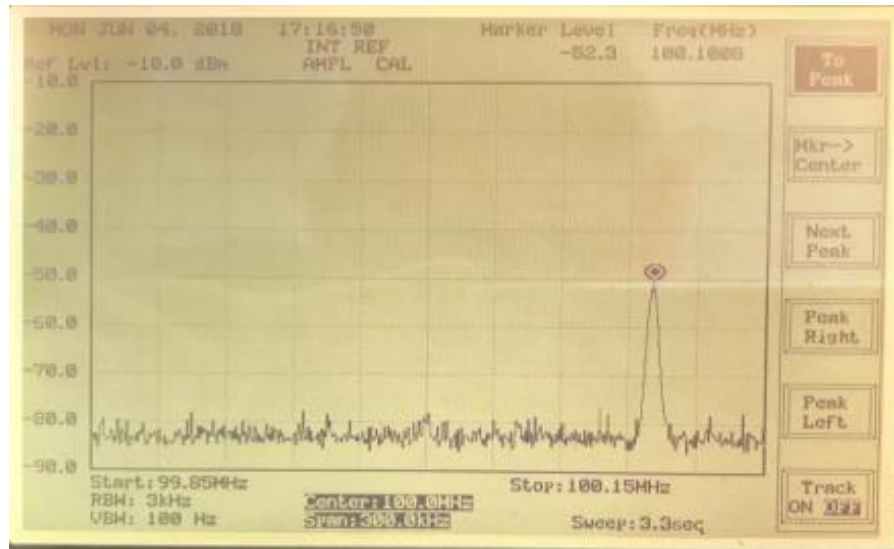


Şəkil 3.6. Aşağı tezlik süzgəcinin çıxışında faydalı və bloklayıcı siqnalların ekranda görünüşünün təsviri

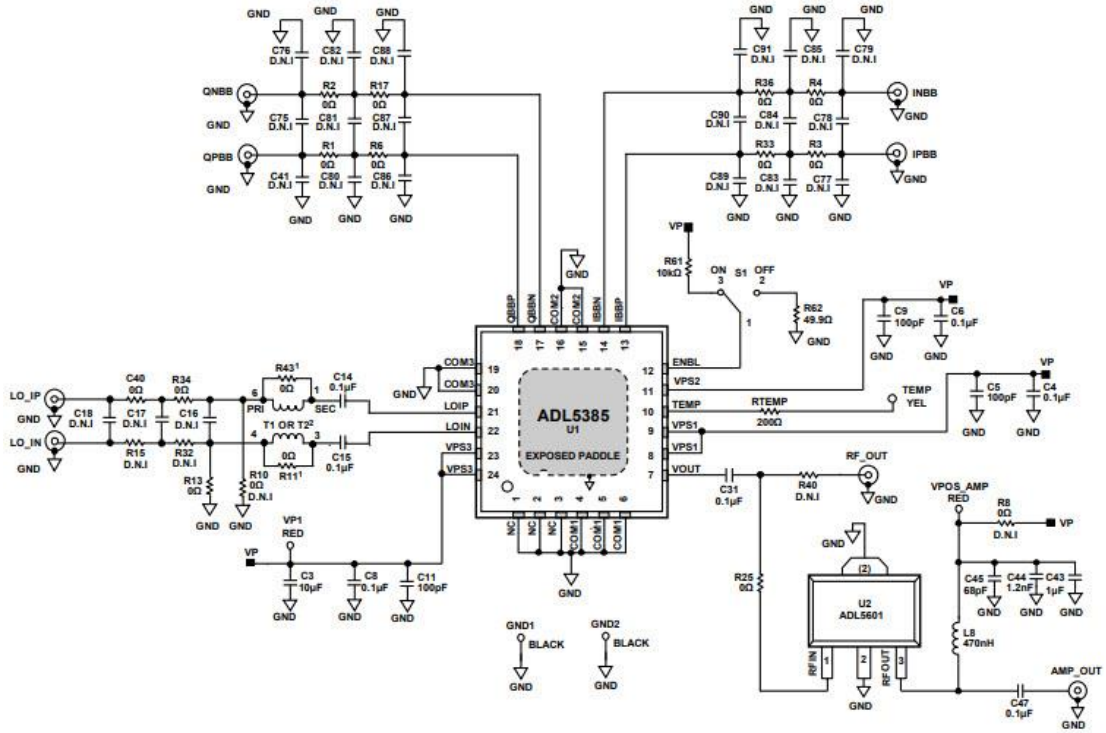


Şəkil 3.7. Yüksək tezlik süzgəcindən sonra faydalı və bloklayıcı siqnalların tezlik analizatorunun ekranında görünüşünün təsviri

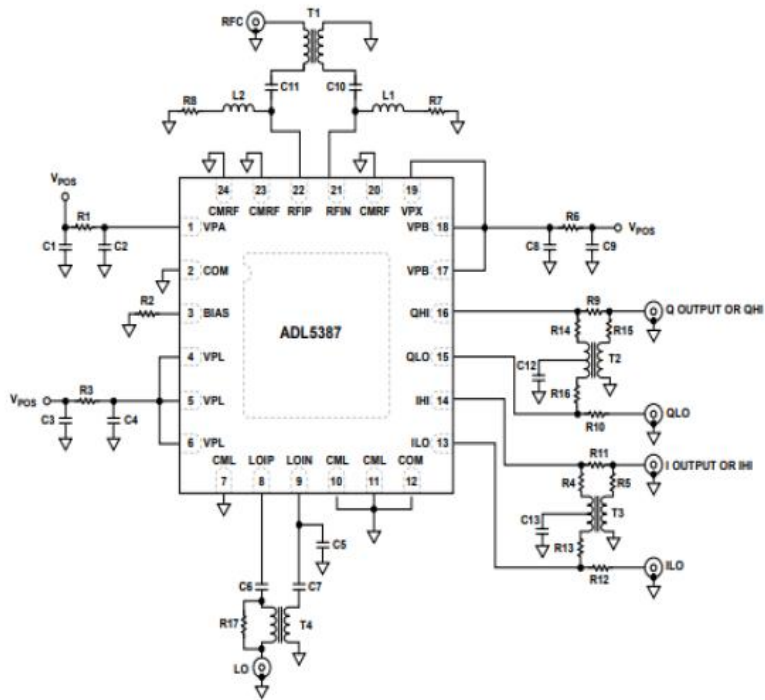
Şəkil 3.7-dən görünür ki, yüksək tezlik generatorundan daxil olan bloklayıcı siqnalın güc səviyyəsi 17 desibeldir, yəni bloklayıcı siqnalın “boğulması” elə də yüksək deyildir, amma qaneedicidir. Bu kifayət edir ki, kvadratik modulyatorun çıxışında ancaq faydalı siqnalı almağa imkan verir. Şəkil 3.8-də faydalı siqnalın spektri təsvir edilmişdir.



Şəkil 3.8. Faydalı siqnalın spektrinin analizatorun ekranında təsviri



Şekil 3.9. Kvadratik ADL5385 modulyatorunun mikrosxem bazalı platasının xarici görünüşü



Şekil 3.10. Kvadratik ADL5387 demodulyatorunun mikrosxem bazalı platasının xarici görünüşü

3.4. Danışiq kanallarında maneəyə dayanıqlıq məsələsinə mühəndis

baxışı

Danışiq kanalları ilə daşınan səs tezlikli faydalı fasiləli siqnalları çoxkanallı rabitə sistemində modullamaqla onlar fasiləsiz siqnallar formasına salınır. Fasiləsiz siqnalları realizə etmək vaxtın fasiləsiz funksiyası deməkdir. Məhz bu səbəbdən qəbulda, siqnalların demodulyasiya prosesində, qəbuledici demodulyator sxemi vaxtın fasiləsiz funksiyası kimi bərpa edilməlidir. Bunun üçün ixtiyari zaman anında fasiləsiz siqnallar formalaşdırılmalıdır. Siqnalların bu formada qiymətləndirilməsi texniki ədəbiyyatda süzgəclənmə əməliyyatı adlanır. Ancaq bu ideal təsəvvürdür, çünki bloklayıcı siqnalların zərərli təsirlərindən dəf olunma, heç bir tədbir görmədən, mümkün deyildir. Deməli, qəbul edilən siqnal ilə ilkin verilən siqnal arasında məcburi fərqlər yaranacaqdır. Adətən fasiləsiz məlumat xarakterli siqnalları bərpa edəndə bu fərqin kifayət qədər az olması tövsiyə edilir. Elektrik rabitə nəzəriyyəsində verilən və qəbul edilən siqnallar arasındakı fərq üçün “orta kvadratik xəta” anlayışı qəbul edilmişdir. Bu qiymət belə izah olunur: $(U(t)-U(t'))^2$ gərginliklər fərqi qəbul məntəqəsində $U(t)$ ilkin siqnalın t - anında bərpa olunma kvadratıdır. İlkin bu qiymət təsadüfi qiymətdir, çünki real siqnallar mahiyyətə təsadüfi proseslərdir. Məhz bu yanaşmada, fasiləsiz siqnallar ailəsinin rabitə kanalları ilə daşınması prosesində keyfiyyət kriteriyası kimi qəbul edilə bilməz. Adətən “xətalının orta qiymətinin kvadratı” anlayışından istifadə edilir [41, 42]. Bu məsələni aydınlaşdırmaq üçün bir nümunəni nəzərdən keçirək. Telefon rabitə xidmətində müxtəlif təyinatlı yük mənbələrindən telefon stansiyasına daxil olan xüsusi telefon yüklərinin təyin edilməsində fasiləsiz olaraq təcrübələrin aparılması tələb edilir. Bu işə, son nəticədə, az yüklənmiş istiqamətləri yükləmək, çox yüklənmiş istiqamətlərdə isə telefon yükünü bərabər paylamağa imkan verir. Biz hələ bu məsələnin iqtisadi səbəblərini demirik. Uyğun təyinatlı istifadəçi qrupunun orta danışiq vaxtının (T) təyin edilməsi və uyğun yük mənbəyindən daxil olan çağırışların (C) sayının təyini (telefon yükünün ölçülməsi) layihələndirmə prosesində kifayət qədər praktiki əhəmiyyət daşıyan bir məsələdir. Həmin təcrübənin statistik nəticələrindən birinin qiymətləri aşağıdakı cədvəldə qeyd

edilmişdir (cədvəl 3.1). Ölçü işlərinin nəticələrinin diaqnostik emalında son məqsəd aşağıdakılardır:

1. Ölçülən parametrlərin hesablanması dəqiqliyinin qiymətləndirilməsi;
2. Qiymətləndirmənin doğruluq səviyyəsinin təmin edilməsi.

Baxılan halda ölçü nəticələrinin dəqiqliyi və doğruluğu, riyazi olaraq, student qanununa əsasən modelləşdirilir. Cədvəl 3.1-də qeyd edilən nəticələrin hər biri ayrı-

ölçmələrin sayı (n)	ölçülən parametr T (saat)	$T_i - T_{orta}$	$(T_i - T_{orta})^2$
1	0.35	0.01	0.0001
2	0.33	0.03	0.0009
3	0.32	0.04	0.0016
4	0.31	0.05	0.0025
5	0.35	0.01	0.0001
6	0.32	0.04	0.0016
7	0.35	0.01	0.0001
8	0.34	0.02	0.0004
9	0.35	0.01	0.0001
10	0.34	0.02	0.0004
11	0.35	0.01	0.0001
12	0.33	0.03	0.0009
13	0.33	0.03	0.0009
14	0.32	0.04	0.0016
15	0.35	0.01	0.0001
16	0.31	0.05	0.0025
17	0.33	0.03	0.0009
18	0.34	0.02	0.0004
19	0.35	0.01	0.0001
20	0.31	0.05	0.0025
21	0.32	0.04	0.0016
22	0.33	0.03	0.0009
23	0.35	0.01	0.0001
24	0.34	0.02	0.0004
25	0.35	0.01	0.0001

Cədvəl 3.1.

ayrılıqda eksperiment mənbələridir. Bir nümunə kimi bir telefon mənbəyinin idarə edilməsinin orta müddətini təyin edək: Göstərilən cədvəldə 25 təcrübənin nəticələrinin

“orta kvadratik qiyməti”, “orta kvadratik xətası (meylətmələr)” və “dispersiyasının hesablanmış (orta qiymət ətrafında səpələnmələr) qiymətləri” verilmişdir. İdarəetmənin orta davamətmə müddətini hesablayırıq:

$$T_{Or} = \frac{\sum_{i=1}^{25} T_i}{n} = \frac{8,93}{25} \approx 0,36 \text{ saat} \quad (3.1)$$

Çoxsaylı abunəçi qruplarına telefon rabitə xidmətlərini göstərən zaman stansiyasının məşğulluğunun orta davamətmə müddətinin kvadratik xətasını hesablayırıq:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{25} \frac{(T_i - T_{orta})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,0423}{25 \times 24}} = \sqrt{\frac{0,0423}{600}} = 0,0083964 \text{ saat} \times 3600 = 30,23 \text{ san} \quad (3.2)$$

Məşğulluğun orta davamətmə müddətinin dispersiyasını hesablayırıq :

$$\sigma = \sqrt{D}; D = \sigma^2 = 913,86 \text{ san} \quad (3.3)$$

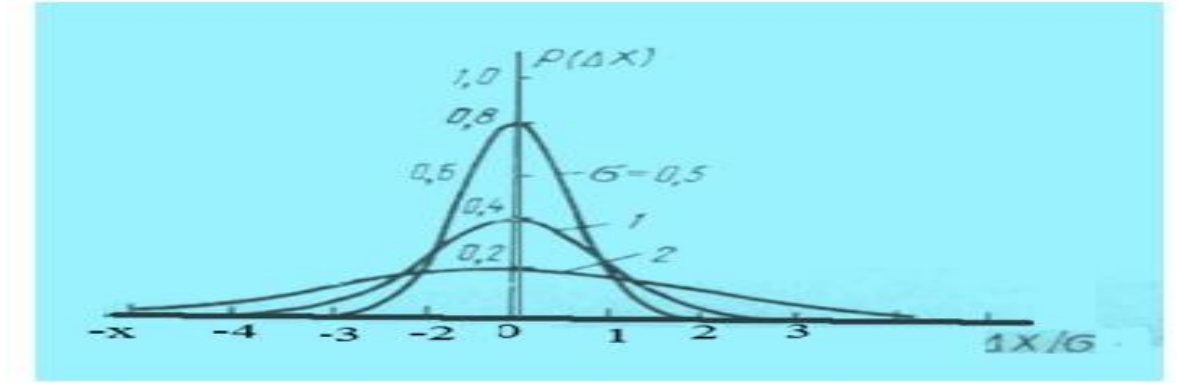
Məşğulluğun orta davamətmə müddətinin ölçü xətalalarının sıxlıq ehtimalı, aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$p(\Delta T) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \ell^{-0,5\frac{\Delta T^2}{\sigma^2}} \quad (3.4)$$

Telefon yüklünün paylanması ((3.4) - bu paylanma texniki ədəbiyyatda “Hauss paylanması” adlanır) ifadəsində iştirak edən σ parametrinin ölçmə nəticələrinin qiymətləndirilməsinin dəqiqliyini xarakterizə edən parametr olub “normal paylanma” qanunu adlanır [43]. Cədvəl 3.1-ə əsasən istifadəçinin məşğulluq müddətində xətanın baş vermə ehtimalı, cəmi 0,728% təşkil edir, çünki

$$P_0(\Delta T) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \ell^{-0,5\frac{(T-T_0)^2}{\sigma^2}} / \sigma^2 = \frac{\ell^{-0,5\frac{25}{15,8}}}{0,03156} = \frac{0,0023}{0,3156} = 0,00728 \quad (3.5)$$

Aşağıdakı şəkildə (Şəkil 3.11) σ əmsalının 0,2, 0,4 və 0,5 qiymətləri üçün $\gamma=\Delta T/\sigma=(1\div 4)$ intervallarında xarakteristikalar ailəsi təsvir edilmişdir. Göstərilən nümunə əsasında idarəetmədə ölçü xətasının doğruluq ehtimalını hesablayaq:



Şəkil 3.11. $\Delta T_1 \div \Delta T_2$ intervalında ölçmə nəticələrində baş verən xətalər ehtimalının yaranma xarakteristikası

$n > 25$; $p = 0,95$ şərti ilə xüsusi cədvələ görə student əmsalı $t_n = 2,06$ olduğunu təyin edirik.

$$T = T_{orta} + \sigma_n = 0,36 + 2,06 \times 0,0126 = 0,38 \text{ saat} \quad (3.6)$$

Ölçü xətasının, yol verilən qiymətini $p = 0,5$ ehtimalı ilə hesablayaq:

$$n > 25; p = 0,5; t_n = 0,68 \text{ olduqda } \rho = t_n \times \sigma_\epsilon = 0,68 \times 0,0126 = 0,0086 \quad (3.7)$$

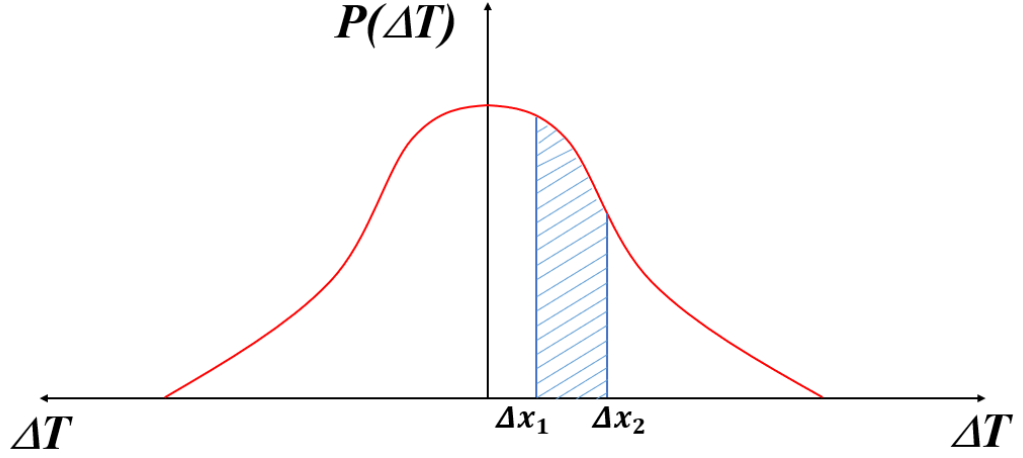
Yəni həqiqətən 25 nəticədən heç birinin qiyməti 3σ qiymətindən yüksək deyildir.

Şəkil 3.12-də $\Delta T_1 \div \Delta T_2$ intervalında ştrixlənmiş sahə fərdi təyinatlı abunəçilərdən kommutasiya sisteminə daxil olan çağırışların danışıqla baş tutması zamanı yaranan ölçü xətalərinin yaranma ehtimalının analitik ifadəsi aşağıdakı kimidir (3.8):

$$P(\Delta T_1 \leq \Delta T \leq \Delta T_2) = \int_{\Delta Y_1}^{\Delta Y_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-0,5(\Delta T/\sigma)^2} d(\Delta T) \quad (3.8)$$

Ölçü xətalərinin yaranma ehtimalının analitik ifadəsi, aşağıdakı kimidir:

$$P(\Delta T_1 \leq \Delta T \leq \Delta T_2) \int_{\Delta Y_1}^{\Delta Y_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-0,5\left(\frac{\Delta T}{\sigma}\right)^2} d(\Delta T) \quad (3.9)$$



Şəkil 3.12. Telefon birləşməsində ölçü xətlərinin sıxlıq ehtimalının paylanma xarakteristikası

Ölçü nəticəsində ölçü xətlərinin başvermə ehtimalının maksimal qiyməti:

$$p(\Delta T) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} = 1/\sqrt{6.28} = 1/2,505 = 0,39 \quad (3.10)$$

Ölçü eksperimentlərinin aparılma prosesində orta kvadratik xəta azaldıqca, eksperiment nəticələrinin dəqiq qiyməti daha yüksək olur.

Riyazi sorğu kitablarında qeyd edilir ki, ölçü prosesində ölçü nəticələrinin qiymətləndirilməsinin doğruluq səviyyəsinin təmin edilməsi 3 siqma qanununa tabedir, yəni xətlər bu həddi aşmazsa, deməli hər şey qaydasındadır və ölçmələrin nəticələrinə inanmaq olar. Bu ehtimal

$$p(-\sigma \leq \Delta y \leq \sigma) = 0,683 - p(-3\sigma \leq \Delta y \leq 3\sigma) = 0,9973 \quad (3.11)$$

qiymətləri intervalında yerləşir. Beləliklə məlum olur ki, ixtiyari ölçmədə alınan təsadüfi ölçü nəticələrinin 0,683 ehtimalı ilə $\pm\sigma$ kəmiyyətindən, 0,997 ehtimalı ilə isə $\pm 3\sigma$ intervalından kənara çıxmır, yəni ölçmələrdə üç nəticə bu qiyməti aşı bilər. (3.3) ifadəsində adı çəkilən $\sigma = \sqrt{D}$ parametri bizi həddən artıq maraqlandıran parametr olub, fasiləsiz siqnalın süzgülənməsinin orta kvadratik xətasını göstərir. Əksəriyyət hallarda onun qiyməti zamandan asılı olmayıb, sabit qalır. U(t) gərginlikli siqnal danışıq siqnalı olduğu üçün, demudulyatorada formalaşan bu siqnal, orta kvadratik xətası az olduqca

qəbul edilən siqnalın seçiciliyi daha yüksək olacaqdır (mötərizədə D danışıqın səpələnməsini göstərən kəmiyyətdir, yəni siqma səpələnmənin kvadratik kökü ilə mütənasibdir). Başqa sözlə ifadə etsək, fərdi insanın səsinin tanınması və ya musiqinin yaxşı vəziyyətdə eşidilməsi mümkün olacaqdır. Beləliklə, süzgəclənmə prosesindən yaranan orta kvadratik xətlər (fasiləsiz siqnalların selektivliyi fasiləsiz siqnalların maneədayanılığının ölçü həddi kimi qəbul edilə bilər) nə qədər kiçik qiymətli olarsa, maneədayanılığı və deməli, süzgəclənmə dəqiqliyi bir o qədər yüksək olacaqdır. Orta kvadratik xətlənin mümkün olan minimal qiyməti, maneəli kanallar ilə daxil olan modullanmış siqnalların qəbul ehtimalı əslində fasiləsiz siqnalların maneədayanılığını xarakterizə edən siqnal/maneə nisbətinin göstəricisidir. Buradaca qeyd etmək lazımdır ki, süzgəclənmə prosesinin potensial dəqiqliyi konkret rabitə sisteminin xarakteristikası deyildir, ancaq fasiləsiz siqnalları mövcud şəraitdə (iş rejimində) mümkün olan dəqiq bərpa etmə imkanını göstərir. Praktikada fasiləsiz siqnalların bərpa olunma dəqiqliyinin yüksəldilmə üsulu kimi demodulyatorların optimal strukturunun təmin edilməsidir. Bu məsələnin praktiki həlli üçün razılaşıdırılmış süzgəc və korrelyasiya üsulları kimi iki üsul tətbiq edilir [36].

3.5. Üçüncü fəslin nəticələri

Aparılmış laboratoriya işləri nəticəsində məlum olmuşdur ki:

- Tezlik spektrinin digər tezlik spektrinə sürüşdürülmə üsulu ilə bloklayıcı siqnalların zərərli təsirlərini aradan qaldırmaq olar.
- Bloklayıcı siqnalların səviyyəsi yüksək tezlik süzgəcinin səviyyəsindən birbaşa asılıdır.
- Laboratoriya şəraitində aparılmış eksperiment nəticəsində məlum olmuşdur ki, selektiv üsulların hər biri ilə bloklayıcı siqnalların zərərli təsirlərini aradan qaldırmaq olar.
- Tezlik spektrinin digər tezlik spektrinə sürüşdürülmə üsulu radioqəbuledici vasitənin həndəsi ölçülərini azaltmağa imkan verir.

DİSSERTASIYA İŞİNİN NƏTİCƏLƏRİ

Magistr işinin yerinə yetirilmə dövründə bloklayıcı siqnalların zərərli təsirlərini aradan qaldırma üsulları məlum ədəbiyyat mənbələri əsasında fundamental şəkildə hərtərəfli təhlillər nəticəsində öyrənilmiş və son nəticə kimi laboratoriya rejimində lazımi eksperimentlər həyata keçirilmişdir. Tədqiqat nəticəsində rəhbər tərəfindən dissertasiya işinin üç fəsildə yerinə yetirilməsi tövsiyə edilmişdir. Belə ki, birinci fəsil mövcud bloklayıcı siqnalların yaranmasına və onların mənfi təsirlərinin nəticələrinə həsr edilmişdir. Dissertasiya işinin ikinci fəslində bloklayıcı siqnalların ziyanlı təsirindən mühafizə üsulu kimi mövcud olan süzgəcləmə üsulları ətraflı şəkildə təhlil edilmişdir. Mövcud üsullar dedikdə onlardan mövcud olan sadə sxemli radioqəbuledici vasitələrdə tətbiqi nəzərdə tutulmuşdur. Hər iki üsul ətraflı şəkildə təhlil edilmiş və sübut edilmişdir ki, onlardan istifadə etmək reallıqda səmərəli deyildir. Belə ki, məlum olmuşdur ki, zolaq- çəpərləyici (onların rəsmi adı rejektor süzgəcidir) süzgəclər bloklayıcı siqnalların ziyanlı təsirindən ilk baxışda onlarda mühafizə prosesini həyata keçirməyə imkan verir, ancaq bu məqsədə sadə deyil, xüsusi işlənmiş və əvvəlcədən tələb edilən tezlik zolaqlarında işləyə bilən kombinasiya olunmuş sxemli zolaq süzgəclərinin (Batterford, müxtəlif tərtibli Çəbişev zolaq süzgəcləri) sxemlərini işləmək lazım gəlir. Nəticədə yeni işlənəcək zolaq süzgəclər ailəsi məlum tezlik zolaqlarının məcburi “kəsilməsini” tələb edilsə də texniki səmərəliliyi yüksək olmur, çünki yeni süni şəkildə yaradılan çəpərləyici-rejektor süzgəcləri əlavə olaraq, tezlik cəhətdən, məcburi şəkildə “kökləmək” lazım gəlir (klassik süzgəc sxemlərindəki hesabat düsturları kəskin dəyişir və mühəndisin işində süni çətinliklər yaradır). Aparılmış əlavə elmi tədqiqat işləri nəticəsində aşkar edilmişdir ki, dissertasiya işində superheterogen radioverici və radioqəbuledici vasitələrdə tətbiq tapmış “tezliklərin sürüşdürmə üsulu” texniki cəhətdən mürəkkəb olsa da, əldə edilən çoxsaylı səmərəli nəticələr gələcək nailiyyətlərdə istifadə edilə bilər (məsələn siqnal/maneə nisbəti xeyli yüksəlir).

Dissertasiya işinin üçüncü fəslində “tezliklərin sürüşdürmə üsulu”nun laboratoriya

şəraitində tədqiqinə həsr edilmiş və əlavə olaraq MATLAB proqramı əsasında modelləşdirmə proqramı işlənmişdir. İşdə aparılacaq modelləşdirmə prosesinin algoritmi nümunəsi verilmişdir. Laboratoriya eksperimentlərində hazır mikrosxemlərdən istifadə edilməklə (istifadə edilən mikrosxemlərin elektron platalarının xarici təsvirləri və eksperiment prosesində ossilloqrafin ekranında bloklayıcı siqnalların zərərli təsirlərindən mühafizə prosesinin məsələsinin əyani təsviri nümunələri göstərilmişdir). Mikrosxemlər kimi “Analog Devices” firmasının ADL5387 kvadratik modulyator və ADL5385 demodulyator mikrosxem plataları nəzərdə tutulur. Laboratoriya şəraitində faydalı-informasiya daşıyan və bloklayıcı siqnallar imitasiya edilmiş, onlar aşağı müxtəlif təyinətli zolaq-çəpərləyici süzgülərin tətbiqi ilə danışıq tezlik zolağı spektrinə gərilmiş, spektrləri təsvir edilmiş və nəticə nümunələri magistr dissertasiya işində təsvir edilmişdir. Laboratoriya şəraitinə “tezliklərin sürüşdürmə üsulu” kimi selektiv bir üsulun tədqiqi, uğurlu nəticələr verdiyi üçün, bloklayıcı siqnallardan mühafizə sxeminin işlənilməsinə imkan vermiş, onun işçi xarakteristikaları işlənilmiş və sübut edilmişdir ki, bu üsulun gündəlik praktiki fəaliyyətdə istifadəsi özünü doğruldur. Beləliklə, qarşıya qoyulan praktiki vəzifə, eksperimentlər aparmaqla uğurla yerinə yetirilmiş və əlavə olaraq 30 mart 2018 ci il tarixli “Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии” adlı elmi-texniki konfransında bu barədə çıxış edilmişdir.

Dissertasiya işinin üçüncü fəslə aparılmış laboratoriya işləri nəticələrindən məlum olmuşdur ki:

1. Tezlik spektrinin digər tezlik spektrinə sürüşdürülmə üsulu ilə bloklayıcı siqnalların zərərli təsirlərini aradan qaldırmaq olar
2. Bloklayıcı siqnalların səviyyəsi yüksək tezlik süzgülünün səviyyəsindən birbaşa asılıdır
3. Laboratoriya şəraitində aparılmış eksperiment nəticəsində məlum olmuşdur ki, selektiv üsulların hər biri ilə bloklayıcı siqnalların zərərli təsirlərini aradan qaldırmaq olar.
4. Tezlik spektrinin digər tezlik spektrinə sürüşdürülmə üsulu radioqəbuledici vasitənin həndəsi ölçülərini azaltmağa imkan verir.

ӘДӘБИҮҮАТ

1. Атавеков Теория электрических цепей 1968 год
2. Теория передачи сигналов электросвязи Москва "Радио и связь "1989
3. Банкет В.Л. Цифровые методы передачи информации в спутниковых системах связи: Учеб. Пособие / В.Л. Банкет, П.В. Иващенко, А.Э. Геер. - Одесса: Изд-во УГАС, 1996. - 180с.
4. Чистяков Н.И. Радиоприёмные устройства. / Н.И. Чистяков. - М.: «Сов. радио», 1978. - 152 с.
5. Арсалов М.З. Радиоприемные устройства. / М.З. Арсалов, В.Ф. Рябков. - М.: «Сов. радио», 1972. - 422 с.
6. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах. / Л.С. Гуткин. - М.: «Сов. радио», 1972. - 448 с.
7. БОБРОВ Н.В. Расчет радиоприемников. / Н.В. Бобров, Г.В. Максимов, В.И. Мичурин. - М.: Воениздат, 1971. - 457 с.
8. Коловский Д.Д. Теория передачи сигналов. / Д.Д. Коловский. - М.: «СВЯЗЬ», 1973.- 254 с.
9. Motita M. «High sensitivity receiver system for frequency modulation waves»/ М.Motita, S. Ito // IRE Nat. Conv. Rec. 1960. - Vol. 17(5). - С. 11-18.
10. Sosin B.M. «H.F. Communication receiver performance requirements and realization»> / B.M. Sosin // Radio and Electron. Eng. 1971. - Vol. 7. - С. 18-24.
11. Твайбелл Г.Улучшение показателей коротковолнового радиоприемника на базе использования цифровых методов. / Г. Твайбелл. - Электроника, 1982. № 14, с. 57 - 61.13.Чистяков Н.И. Тенденции развития радиоприемных устройств. / Н.И. Чистяков. - Радиотехника, 1977, № 3, с. 54-62
12. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/2217f.pdf>
13. Raymond L. Revision to «Theory of Spread Spectrum Communications - A Tutorial» / L. Raymond, R.L. Pickholtz, L. Donald, D. Schilling, B. Laurence, L. Milstein // IEEE Transactions on communications. 1984. Vol. 32(2).-С. 211-212.

14. Бартон Д. Радиолокационные системы. /Д. Бартон. -М.Воениздат,1967-428 с.
15. Пронин К. Проектирование, оптимизация и моделирование SDR. // Электронные компоненты. 2012.-№2, С.49-53.
16. Фалько А.И. Расчёт преселекторов: Учебное пособие / А.И. Фалько. - СибГУТИ. - Новосибирск, 2002. - 145с
17. Гасанов О. Принципы построения радиоприемников с цифровой обработкой сигнала // Электронные компоненты. -2010.- №12- С.63
18. Рембовский А.М. Радиомониторинг - задачи, методы, средства. /А.М. Рембовский, А.В. Ашихмин. В.А. Козьмин. - М.: Горячая линия - Телеком, 2010.- 467 с.
19. Беккиев А.Ю. Базовые принципы создания помехозащищённых систем радиосвязи. / А.Ю. Беккиев, В.И. Борисов. // Теория и техника радиосвязи. - 2014. - № 1. - С. 5-18.
20. Босый Н.Д. Электрические фильтры. / Н.Д. Босый. - Киев, Гостехиздат, 1959. - 459 с.
21. <https://www.analog.com/en/products/adl5387.html>
22. Гельмонт З.Я., Лестничные режекторные фильтры с кварцевыми резонаторами в продольных ветвях. З.Я. Гельмонт, Т.Ф. Метелькова. // «Электросвязь». - 1971. - №11. - С. 69-42
23. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр. Пер с англ. / Б. Скляр. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
24. Пашков В.В. Радиоприемные устройства. / В.В. Палшков. - М.: "Радио и связь" 1984. - 524 с.
25. Mane Harshali <<<Direct sequence spread transmission and reception using compression techniques>>/H. Mane, K.Y.K. Kumari, G.B.N. Vamsidhar, A. Kartheek, A. Vinay Kumar, M. Venugopala Rao // International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM), 2015. - С. 344- 347.

26. <https://www.analog.com/en/products/ad15385.html>
27. Сифоров В.И. Радиоприемные устройства. Учебник для вузов. / В.И. Сифоров. - М.: «Сов. радио», 1974. - 558с.
28. Головин О.В. Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов. Учебное пособие для вузов/ О.В. Головин.- М.: Горячая линия-Телеком, 2014.-783 с.
29. Кульский А.Л. КВ-приёмник мирового уровня. / А.Л. Кульский. -М.: Наука и техника, 2014.- 352 с.
30. Атражев М.П. Борьба с радиоэлектронными средствами. / М.П. Атражев, В.А.Ильин. Н.П. Марьин. - М.: Воениздат, 1972. - 344 с.
31. Харкевич А.А. Борьба с помехами. Изд. 2-е, испр. / А.А. Харкевич. - М.: Наука, 1965. -276 с.
32. Тартаковский Г.П. Динамика систем автоматической регулировки усиления. / Г.П.Тартаковский. - М.: 1957.- 345 с.
33. Томаси У. Электронные системы связи. / У. Томаси. - М.: Техносфера, 2007. - 1358 с.
34. Богнер Р. Введение в цифровую фильтрацию. / Р. Богнер. А. Константи́нидис. Мир, 1976. -478 с. М.
35. https://en.wikipedia.org/wiki/Superheterodyne_receiver
36. Ленк Дж. Электронные схемы. Практическое руководство. / Дж. Ленк . - М.: Мир, 1985. - 343 с.
37. Красиков М.И. Режекторный фильтр КВ диапазона для широкополосных систем радиомониторинга. / М.И. Красиков. Д.Г. Гарш, И.Н. Бармин. // Автоматизация технических процессов и устройств. Сборник докладов. - ИТ АРКТИКА. - 2016. - №3 - С59
38. Головин О.В. Профессиональные радиоприемные устройства декаметрового диапазона / О.В. Головин - М.: Радио и связь, 1985. - 288 с.

39. Low noise ADC [Электронный ресурс]: - режим доступа: - <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/2217f.pdf> - Загл. с экрана - Яз. Рус.
40. А.Ю.Барабошин, В.Я. Николаева, А.П. Трофимов. Подавление блокирующей помехи от собственного передатчика совмещенного ДКМВ радицентра в линейном тракте радиоприемной системы с биортогональной антенной Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. Сборник докладов. - Самара: Изд. Офорт, 2017.-С. 86-89.37
41. Дружин Г.И. Антенны и распространение радиоволн. Часть II. / Г.И. Дружин. - Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2003. - 56 с.
42. Джонсон Д. Справочник по активным фильтрам. / Д. Джонсон, Дж. Джонсон, Г. Мур. - М.: Энергоатомиздат, 1983.- 128 с.
43. Максимов С.А., Пашнев В.В. Использование техники переноса спектра сигнала для селективного подавления блокирующих сигналов // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии, - 2018, №1(8), с. 35-39.
44. <https://pribory.com/product/generator-signalov-sma100a/>

İXTİSARLARIN SİYAHISI

YTS - Yüksək Tezlik Süzgəci;

ATS - Aşağı Tezlik Süzgəci;

ATX - Amplitud-tezlik Xarakteristikası;

RQQ - Radioqəbuledici Qurğu;

ARÇ - Analoq-Rəqəm Çeviricisi;

RAÇ - Rəqəm-Analoq Çeviricisi;

DFÇ - Diskret Furye Çevrilmələri;

GAT - Güclənmənin Avtomatik Tənzimlənməsi.