

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

SƏFƏROV ŞƏMSƏDDİN ƏDAİL oğlu

SƏFƏROV RANTİK ƏDAİL oğlu

GÜNƏŞ- HİDROGEN HİBRİD ENERJİ TEXNOLOGİYALARININ
TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASIYASI

İXTİSAS: “060608” ELEKTROENERGETİKA MÜHƏNDİSLİYİ

İXTİSASLAŞMA: ELEKTROENERGETİKA

Elmi rəhbər: texnika üzrə fəlsəfə doktoru dosent Nəbiyev Nofəl Dünyamalı oğlu

BAKİ – 2024

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Fakültə Energetika və avtomatika

Kafedra Enerji effektivliyi və yaşıl enerji texnologiyaları

İxtisasın şifri və adı “060608” Elektroenergetika Mühəndisliyi

İxtisaslaşma Elektroenergetika

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASININ TAPŞIRIQ VƏRƏQİ

1. Dissertasiya mövzusu: **Günəş-hidrogen hibrid enerji texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi**

2. İşin məqsədi: Ucqar yaşayış məntəqəsi üçün günəş-hidrogen hibrid elektrik təchizat sisteminin hazırlanmasıdır.

3. İlk verilənlər və qoyulan tələblər Tədqiqat işinin ilkin analizi toplanmış materialın ilkin təhlili, mövcud olan məlumatların analizi və emal edilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Seçilmiş mənbələr və ədəbiyyat siyahısı əsasında **Günəş-hidrogen hibrid enerji sisteminin** müxtəlif variantlarının nəzərdən keçirilməsi, onların təkmilləşdirilməsi nəzərdə tutulmuşdur.

4. Gözlənilən nəticələr və onların elmi-praktiki əhəmiyyəti __ bərpa olunan enerji mənbələrinin analizi, günəş enerjisindən hidrogen alınması istiqamətində araşdırmalar, fərdi yaşayış evi üçün günəş və hidrogen enerjisinin birgə istifadəsinə əsaslanan enerji təchizat sisteminin təhlili

5. Qrafiki və illüstrativ materialların təxmini siyahısı _____

Elmi rəhbər: tex.ü.f.d., dos. Nəbiyev Nofəl Dünyamalı

Kafedra müdiri: t.e.n., dosent Kəlbəyev Ramiz Kəlbə

Tapşırığı qəbul etdim

Magistrant: **SƏFƏROV RANTİK ƏDAİL oğlu**

SƏFƏROV ŞƏMSƏDDİN ƏDAİL oğlu

Tapşırığın verildiyi tarix: “01.02. 2024” il

MAGİSTRANTIN ANDI

Günəş- hidrogen hibrid enerji texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi mövzusunda təqdim etdiyimiz magistrlik dissertasiyasını elmi əxlaq normalarına və istinad qaydalarına tam riayət etməklə və istifadə etdiyimiz bütün mənbələri ədəbiyyat siyahısında əks etdirməklə yazdığımız and içirik və magistrlik dissertasiyasının AzTU Kitabxana İnformasiya Mərkəzində saxlanılması, həmin mərkəz tərəfindən AzTU Rəqəmsal Repozitoriyasına daxil edilərək repozitoriyanın veb saytında yerləşdirilməsinə icazə veririk.

Səfərov Rantik Ədail oğlu _____

Səfərov Şəmsəddin Ədail oğlu _____

Tarix

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	5
I FƏSİL. BƏRPA OLUNAN ENERJİ NÖVLƏRİNDƏN İSTİFADƏ İMKANI (Səfərov Rantik)	8
1.1. Bərpa olunan enerjinin istifadə sahələri və inkişaf mərhələləri.....	8
1.2. Günəş panellərindən enerjinin alınması və ondan hidrogenin alınmasında istifadə.....	19
II FƏSİL. GÜNƏŞ ENERJİSİNDƏN HİDROGEN ALINMASI ÜSULLARI (Səfərov Şəmsəddin)	29
2.1. Fotoelektroliz üsulu ilə hidrogenin alınması.....	29
2.2. Termiki üsulla hidrogenin alınması (Səfərov Rantik).....	31
2.3. Fotobioloji üsulla hidrogenin alınması.....	33
III FƏSİL. GÜNƏŞ ENERJİSİNDƏN HİDROGEN ALINMASININ TEXNİKİ – İQTİSADI GÖSTƏRİCİLƏRİ (Səfərov Şəmsəddin)	36
3.1. Günəş – hidrogen hibrid enerji sisteminin elementlərinin seçilməsi.....	36
3.2. Günəş – hidrogen hibrid enerji sisteminin iqtisadi təhlili.....	58
NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR	63
ƏDƏBİYYAT	64

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı. Elektrik enerjisi bizim varlığımızın ayrılmaz hissəsidir. Həyatımızı onsuz təsəvvür etmək mümkün deyil: işıqlandırma, liftlər, məişət texnikası, bankomatlar, kompüterlər və s. Dizel elektrik stansiyaları olmadan xəstəxanalar işləyə bilməz. Müxtəlif tibb müəssisələrində insanların sağlamlığı və həyatı, eləcə də təhlükəsizliyi həmin müəssisələrin yüksək keyfiyyətli və əksər hallarda fasiləsiz elektrik enerjisi ilə təmin olunmasından asılıdır. Ancaq dünyanın enerji ehtiyacının təmin olunmasında əsas rol oynayan ənənəvi enerji mənbələri təmin etdiyi üstünlüklərlə əlavə olaraq müəyyən problemlərə səbəb olur:

- ənənəvi enerji mənbələrinin bərpaolunmayan olması,
- ənənəvi enerji mənbələrinin istehsalı və istifadəsinin ətraf mühit üçün zərərli olması,
- ənənəvi enerji mənbələrinin (əsasən neft və təbii qaz) qiymətlərinin getdikcə yüksəlməsi,
- geosiyasi gərginliklər və anlaşılmazlıqlar.

Bu cür problemlərin həlli kimi bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı və enerji ehtiyacının qarşılınmasında onların payı artırılmalıdır. Bərpa olunan enerjiden istifadənin iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə, təbii ehtiyatların qorunmasında və iqtisadiyyatın stimullaşdırılmasında xüsusilə faydalı ola biləcək bir çox faydası var. Bərpa olunan enerji mənbələrinin iki əsas çatışmazlığını qeyd etmək lazımdır:

- 1) Bərpa olunan enerji mənbələri sabit deyildir və hava şəraitindən asılıdır,
- 2) Bərpa olunan enerji mənbələrinin istehsalı və avadanlıqlarının quraşdırılması çox xərc tələb edir.

Günəş və külək kimi bərpa olunan enerji növlərinin kəsintili və dəyişkən xarakteristikalara malik olması ilə əlaqədar olaraq, istehsal olunan enerjinin akkumulyasiya edilməsi lazımdır. Bu bərpa olunan enerji mənbələrindən əldə edilən elektrik enerjisinin miqdarı mövsümi olaraq dəyişir. Bununla əlaqədar olaraq, yaranan enerjini saxlamaq üçün bir enerji daşıyıcısının lazımlığı ortaya çıxır. Hidrogen bu sistemlər üçün akkumulyasiya probleminin həlli kimi istifadə edilə bilər.

Belə olan halda hətta günəş işığının olmadığı vaxda elektrik enerjisinin istehsalı mümkündür.

Hibrid günəş-hidrogen enerji təchizatı sistemləri bərpa olunan enerji mənbələri sahəsində perspektivli istiqamətdir. Bu sistemlər hidrogen istehsal etmək üçün su elektroliz sistemi ilə elektrik enerjisi istehsal etmək üçün günəş panellərini birləşdirir. Hidrogen enerji daşıyıcısı kimi istifadə edilə bilər ki, bu da saxlanıla və nəql edilə və sonra yanacaq elementlərindən istifadə edərək yenidən elektrik enerjisinə çevrilə bilər.

Belə sistemlərin aktuallığı bir sıra amillərlə əlaqələndirilir:

Bərpa olunan enerji: Günəş enerjisi bərpa olunan enerjinin ən əlçatan mənbələrindən biridir. Hibrid sistemlər bu enerji mənbəyindən səmərəli istifadə etməyə və hidrogen istehsalı hesabına onun tətbiqini genişləndirməyə imkan verir.

Enerjinin saxlanması: Hidrogen uzunmüddətli enerji saxlama vasitəsi kimi xidmət edə bilər ki, bu da onu elektrik şəbəkələrinin sabitləşdirilməsi və yük zirvələrinin hamarlanması üçün faydalı edir.

Ekoloji effektivlik: Kömür və ya neft kimi ənənəvi enerji mənbələri əvəzinə hidrogenin enerji daşıyıcısı kimi istifadəsi istixana qazı emissiyalarını və digər çirklənmə növlərini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər.

Texnoloji irəliləyişlər: Son illərdə günəş və hidrogen enerjisi texnologiyalarında əhəmiyyətli irəliləyişlər müşahidə olunub, bu da hibrid sistemləri daha səmərəli və rəqabət qabiliyyətli edir.

Dünyada 733 milyon insanın elektrik enerjisi olmadan yaşadığını nəzərə alsaq, bu cür kiçik güclü elektrik təchizat sistemlərinin vacibliyi ön plana çəkilir.

Bu cür hibrid elektrik təchizatı sistemləri enerji sistemindən uzaqda yerləşən ərazilərin stabil elektrik enerji təchizatında vacib rol oynaya bilər.

Bununla belə, günəş-hidrogen hibrid sistemlərinin perspektivli olmalarına baxmayaraq, hələ də yüksək infrastruktur xərcləri, enerjiyə çevrilmənin səmərəliliyi və hidrogenin təhlükəsiz saxlanması məsələləri kimi bəzi problemlərlə üzləşirlər. Bununla belə, texnologiyanın gələcək inkişafı və hökumət və kommertiya

təşkilatlarının dəstəyi ilə günəş-hidrogen hibrid sistemləri gələcək enerji infrastrukturunun mühüm elementinə çevrilə bilər.

Dissertasiya işinin məqsədi ucqar yaşayış məntəqəsi üçün günəş-hidrogen hibrid elektrik təchizat sisteminin hazırlanmasıdır.

Tədqiqatın vəzifələri aşağıdakılardır:

- 1) Bərpaolunan enerji mənbələrinin təhlilinin aparılması
- 2) Günəş enerjisindən hidrogen istehsalının üsullarının araşdırılması
- 3) Günəş-Hibrid sistemi əsasında ucqar yaşayış məntəqəsi üçün elektrik təchizatı sisteminin hazırlanması

Tədqiqatın obyektı günəş- hidrogen hibrid elektrik stansiyalarıdır.

Tədqiqatın predmeti günəş-hidrogen hibrid enerji sistemində əsaslanan elektrik təchizatı sistemidir.

Elmi yenilik. Yerli şəraitə uyğun günəş və hidrogen enerjisinin birgə istifadə üsulu araşdırılmışdır və təkliflər verilmişdir.

Praktiki həll. Fərdi yaşayış evi üçün günəş və hidrogen enerjisinin birgə istifadəsinə əsaslanan enerji təchizat sisteminin hazırlanması.

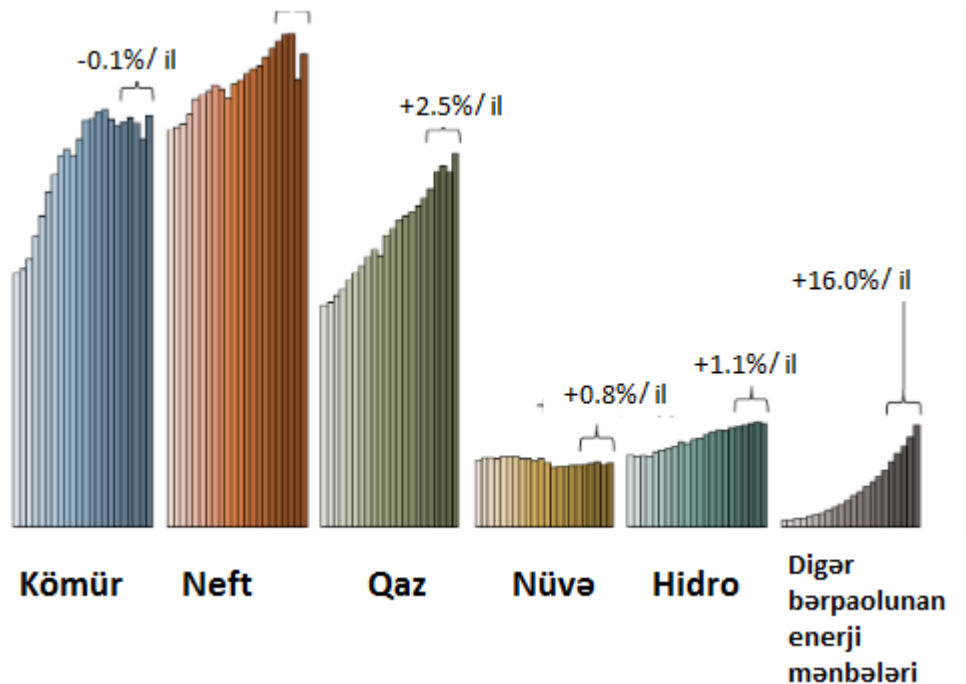
Nəticələr. Tədqiqat işində alınan nəticələr aşağıdakılardır: Bərpa olunan enerjinin istifadə sahələri və inkişaf mərhələləri, günəş panellərindən enerjinin alınması və ondan hidrogenin alınmasında istifadə kimi məsələlərə baxılmışdır. Günəş enerjisindən hidrogenin alınması üsulları araşdırılmışdır. Günəş hidrogen hibrid enerji sisteminin elementləri seçilmiş və sistemin iqtisadi təhlili aparılmışdır.

Nəticələrin aprobasiyası. Verilmiş dissertasiya mövzusunda əsasən məqalə tərtib edilmiş və Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 101 illiyinə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar” mövzusunda IX Respublika elmi-texniki konfransında məruzə edilmişdir.

I FƏSİL.BƏRPA OLUNAN ENERJİ NÖVLƏRİNDƏN İSTİFADƏ İMKANI

1.1. Bərpa olunan enerjinin istifadə sahələri və inkişaf mərhələləri

Dünyada elektrik enerjisinin əsas hissəsi ənənəvi enerji mənbələrindən istifadə etməklə istehsal olunur. Məlumdur ki, ənənəvi enerji mənbələrinə neft, qaz, kömür və s. kimi enerji mənbələri aiddir. Bərpaolunan enerji mənbələrindən fərqli olaraq ənənəvi enerji mənbələri tükənəndir. Məhdud resurs ehtiyatları bəşəriyyəti ciddi enerjiyə qənaət ehtiyacı ilə qarşı-qarşıya qoyur, resursa qənaət edən yeni texnologiyalardan istifadə ehtiyacı yaranır. Enerji probleminin baş verməsinin əsas səbəbi XX əsrdə başlayaraq mineral ehtiyatların intensiv istifadəsidir. 2000-2021-cı illər üzrə enerji istehlakının dəyişilməsi Şəkil 1.1-də göstərilmişdir.

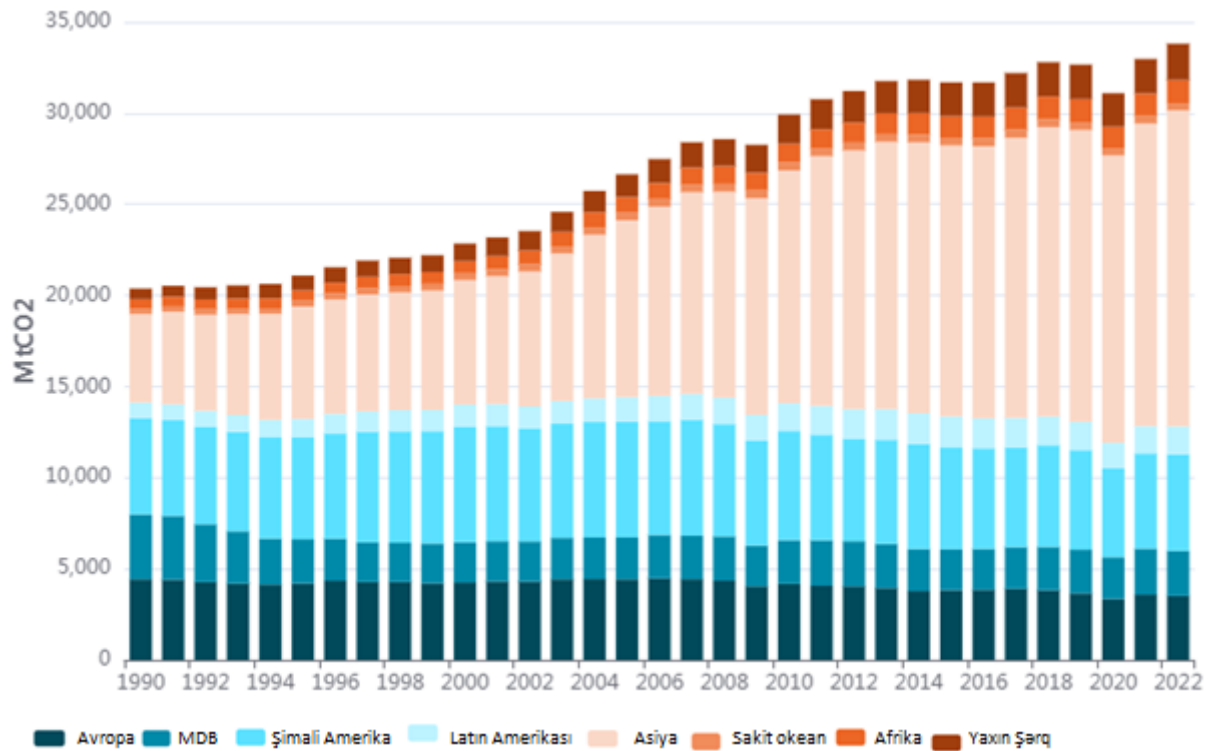


Şək. 1.1. 2000-2021-cı illər üzrə enerji istehlakının dəyişilməsi

Mənbə: https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетический_переход

Ənənəvi enerji mənbələri ətraf mühiti çirkləndirir. Neft, qaz və s. kimi enerji mənbələrindən elektrik enerjisinin alınması zamanı atmosfərə istixana qazları buraxılır. Aparılan araşdırmalara görə istixana qazları havanın temperaturunu 0,8 °C artırır. Havaya atılan istixana gazlarının miqdarının artması qlobal istiləşməyə səbəb olur (Лукутин Б.В., 2008). Nəticədə yay və qışın daha sərt keçməsi, sel, quraqlıqlar

və s. kimi təbii fəlakətlərə yol açılır. Şəkil 1.2 –də yanacaqın yanması nəticəsində atmosfərə atılan karbon qazının miqdarının dəyişilməsi verilmişdir.



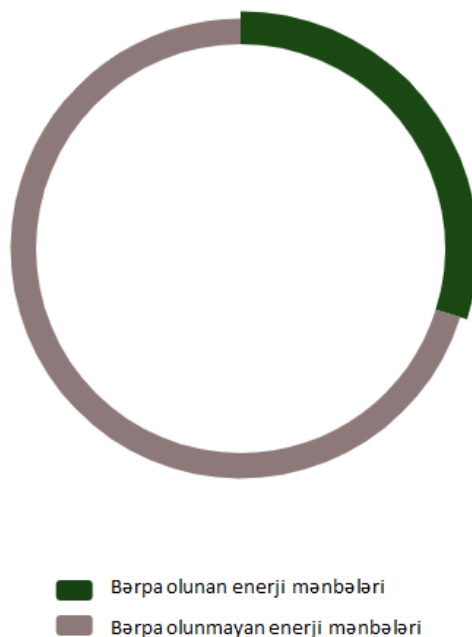
Şək. 1.2. Yanacaqın yanması nəticəsində atmosfərə atılan karbon qazının miqdarının dəyişməsi (1990-2022 –ci illər üzrə)

Mənbə: <https://energystats.enerdata.net/co2/emissions-co2-data-from-fuel-combustion.html>

Bərpa olunan və ya bərpa olunan “yaşıl” enerji insan miqyasında bərpa olunan və ya tükənməz olan enerji resurslarından əldə edilən enerjidir. Bərpa olunan enerjiden istifadənin əsas prinsipi onu ətraf mühitdə daim baş verən proseslərdən və ya bərpa olunan üzvi resurslardan çıxarmaq və texniki istifadəyə təqdim etməkdir. Bərpa olunan enerji günəş işığı, su axını, külək və geotermal istilik kimi təbii ehtiyatlardan, bərpa olunan (təbii yolla doldurulan), həmçinin bioyanacaqlardan: ağac, bitki yağı, etanoldan əldə edilir (Гафуров Н.М., Хакимуллин Б.Р., Багаутдинов И.З.,2016).

2019-cu ildə qlobal enerji istehlakının 26,8%-i bərpa olunan enerji mənbələrindən qarşılıb (onların əksəriyyəti (16%) su elektrik enerjisidir). 2006-cı ildə qlobal elektrik istehlakının təxminən 18%-i bərpa olunan enerji mənbələrindən, 13%-i isə odun yanması kimi ənənəvi biokütlədən qarşılıb. 2010-cu ildə qlobal enerji istehlakının 16,7%-i bərpa olunan mənbələrdən əldə edilib; 2015-ci ildə bu

rəqəm 19,3% olmuşdur. Ənənəvi biokütlənin payı tədricən azalır, bərpa olunan enerjinin payı isə artır.



Şək.1.3. Elektrik enerjisinin istehsalında bərpa olunan enerji mənbələrinin payı (2022 %)

Mənbə: <https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>

Rusiya Elmlər Akademiyasının Energetika İnstitutunun və Moskva İdarəetmə Məktəbinin “Skolkovo” Enerji Mərkəzinin proqnozuna əsasən, 2040-cı ilədək bərpa olunan enerji mənbələri qlobal elektrik enerjisi istehsalının 35-50%-ni və 19-25% ümumi enerji istehlakını təşkil edəcəklər. 2004-cü ildən 2013-cü ilə qədər Avropa İttifaqında bərpa olunan mənbələrdən istehsal olunan elektrik enerjisinin payı 14%-dən 25%-ə yüksəlmişdir. Almaniyada 2018-ci ildə elektrik enerjisinin 38%-i bərpa olunan mənbələrdən istehsal edilib. 21 may 2023-cü il saat 11:00-dan 17:00-a qədər Avropa İttifaqı ölkələrinin böyük əksəriyyətində alternativ mənbələrdən (külək turbinləri və günəş elektrik stansiyaları) həddindən artıq istehsal səbəbindən elektrik enerjisinin dəyəri mənfi dəyərə düşüb. Braziliya şəkər qamışından yanacaq etanol istehsal etməklə dünyanın ən böyük bərpa olunan enerji proqramlarından birinə malikdir; etil spirti hazırda ölkənin avtomobil yanacağına olan tələbatının 18%-ni ödəyir. Etanol yanacağı ABŞ-da da geniş istifadə olunur (Дьяков А. Ф., Перминов Э. М., 2014).

Şəkil 1.4-də Azərbaycanda bərpaolunan enerji mənbələrinin növləri göstərilmişdir.



Şək. 1.4. Azərbaycanda bərpaolunan enerji mənbələrinin növləri

Mənbə: <https://minenergy.gov.az/az/alternativ-ve-berpa-olunan-enerji/azerbaycanda-berpa-olunan-enerji-menbelerinden-istifade>

Külək enerjisi

Külək enerjisi, atmosferdəki hava kütlələrinin kinetik enerjisini xalq təsərrüfatında istifadə üçün elektrik, istilik və hər hansı digər enerji formasına çevirmək üzrə ixtisaslaşan enerji sahəsidir. Transformasiya külək generatoru (elektrik enerjisi istehsal etmək üçün), külək dəyirmanları (mexanik enerji istehsal etmək üçün) və bir çox digər növ qurğuların köməyi ilə baş verir. Külək enerjisi günəşin fəaliyyətinin nəticəsidir, ona görə də bərpa olunan enerji forması kimi təsnif edilir. Külək enerjisi min illərdir istifadə olunur, lakin son bir neçə il ərzində quruda və dənizdə külək texnologiyası daha hündür turbinlər və daha böyük fırlanan diametrlər vasitəsilə istehsal olunan elektrik enerjisinin miqdarını maksimuma çatdırmaq üçün inkişaf etmişdir. Küləyin orta sürəti ərazilərə görə çox fərqli olsa da, külək enerjisi üçün qlobal texniki potensial qlobal elektrik enerjisi istehsalını üstələyir və dünyanın əksər regionları əhəmiyyətli sayda külək elektrik stansiyalarını inkişaf etdirmək üçün kifayət qədər gücə malikdir (Безруких П. П., Безруких П. П. (мл.), Грибков С. В., 2014).

Azərbaycanın əlverişli coğrafi şəraiti külək enerjisindən sərfəli şəkildə istifadə etməyə imkan verir. Abşeron yarımadası, Xəzər dənizinin sahil xətti və Xəzər dənizinin şimal-qərb hissəsindəki adalar, Azərbaycanın qərbində Gəncə-Daşkəsən zonası və Naxçıvan Muxtar Respublikasının Şərur-Culfa bölgəsi xüsusilə əlverişlidir.

Bunlardan dayaz sularda 35 GVt-a qədər, dərin su ərazilərində isə 122 GVt-a qədər olmaqla Xəzər dənizinin külək enerjisi potensialı 157 GVt təşkil edir.

Külək generatorunun gücü generator pərlərinin qət etdiyi sahədən asılıdır. Məsələn, Danimarkanın Vestas şirkətinin istehsalı olan 3 MVt gücündə turbinlərin (V90) ümumi hündürlüyü 115 metr, qüllənin hündürlüyü 70 metr, qanadın diametri isə 90 metrdir. Küləkdən enerji istehsalı üçün ən perspektivli yerlər sahiləni ərazilərdir. Dənizdə, sahildən 10-12 kilometr məsafədə (bəzən daha da uzaqda) dəniz külək elektrik stansiyaları tikilir[10]. Külək turbin qüllələri 30 metrə qədər dərinliyə vurulmuş bünövrələrdə quraşdırılır. Külək generatorları demək olar ki, heç bir qalıq yanacaq istehlak etmir. 1 MVt gücündə külək generatorunun 20 il ərzində istismarı təqribən 29 min ton kömürə və ya 92 min barel neftə qənaət etməyə imkan verir. Gələcəkdə külək enerjisindən külək generatorları vasitəsilə deyil, daha qeyri-ənənəvi şəkildə istifadə edilməsi nəzərdə tutulur.

Dalğa elektrik stansiyaları okeanın səthində daşınan dalğaların potensial enerjisindən istifadə edir. Dalğa gücü kVt/m ilə qiymətləndirilir. Külək və günəş enerjisi ilə müqayisədə dalğa enerjisi daha yüksək güc sıxlığına malikdir. Dalğa enerjisi okean cərəyanlarının enerjisinə oxşar təbiətinə baxmayaraq, bərpa olunan enerjinin fərqli bir mənbəyidir. Dünya okeanlarının səthində və dərinliyindəki temperatur fərqiindən istifadə edərək elektrik enerjisi istehsal etməyə imkan verən bərpa olunan enerji növlərindən biridə dəniz suyunun termionüvə qradientinin enerjisidir.

Günəş enerjisi

Günəş enerjisi bütün enerji resurslarının ən zənginidir və hətta buludlu havalarda belə istifadə edilə bilər. Günəş enerjisinin Yer tərəfindən tutulma sürəti bəşəriyyətin enerji istehlak etdiyi sürətdən təxminən 10.000 dəfə çoxdur. Günəş texnologiyaları müxtəlif məqsədlər üçün istilik, soyutma, təbii işıqlandırma, elektrik və yanacaq təmin edə bilər. Bu texnologiyalar fotovoltaiq panellər və ya günəş radiasiyasını cəmləşdirən güzgülərdən istifadə edərək günəş işığıni elektrik enerjisinə çevirməyə imkan verir(Челяев В. Ф., 2008).

Azərbaycanda günəşli saatların sayı 2400-3200 saat/il təşkil edir. Bu da o deməkdir ki, Azərbaycan ərazisinə düşən günəş işığıni miqdarı digər ölkələrlə

müqayisədə çoxdur. Belə bir şərait Azərbaycanda günəş enerjisindən istifadə etməklə elektrik və istilik enerjisi istehsalının artırılmasına imkanlar yaradır.

2021-ci ilə kimi Azərbaycanın günəş enerjisi gücü 43 MVt təşkil etmişdir.

2022-ci ilin mart ayında Masdar şirkəti ilə birlikdə Qaradağ günəş elektrik stansiyasının tikintisinə start verilmişdir. 20 oktyabr 2023-cü ildə elektrik stansiyası istifadəyə verildi. Elektrik stansiyası Ələt kəndinin yaxınlığında yerləşir. 550 hektar ərazini əhatə edir. Elektrik stansiyasında 500 mindən çox günəş paneli var və Elektrik stansiyasının gücü 230 MVt təşkil edir (Ganguly A, Misra D, Ghosh S, 2010).

Günəş elektrik stansiyaları günəş enerjisindən həm birbaşa (daxili fotoelektrik effekt fenomeni ilə işləyən fotoeffekt günəş elektrik stansiyaları), həm də dolaylı yolla - buxarın kinetik enerjisindən istifadə edir (Воронин С.М. 2007).

Günəş elektrik stansiyalarının növlərinə aiddir:

Qüllə tipli - günəş işığının heliostatlar ilə şoran məhlulu ilə doldurulmuş mərkəzi qüllədə cəmlənməsi.

Modul - bu günəş elektrik stansiyalarında soyuducu, adətən yağ, hər bir parabolik silindrik güzgü konsentratorunun fokusunda qəbulediciyə verilir və sonra istiliyi buxarlandıraraq suya ötürür.

Günəş gölməçələri - dərinliyi bir neçə metr olan kiçik hovuzdur, adətən çox qatlı quruluşa malikdir. Üst - konvektiv təbəqə - şirin su; Aşağıda duzlu suyun konsentrasiyası aşağıya doğru artan qradiyent təbəqə var; ən dibində sərin duzlu su təbəqəsi var. Alt və divarlar istiliyi udmaq üçün qara materialla örtülmüşdür.

İstilik aşağı təbəqədə baş verir, çünki duzlu su su ilə müqayisədə daha yüksək sıxlığa malikdir, isti suda duzun daha yaxşı həll olması səbəbindən qızdırıldığında artır, təbəqələrin konvektiv qarışığı baş vermir və duzlu su 100 ° -ə qədər qızdırıla bilər. C və ya daha çox. Duzlu mühitə boruşəkilli istilik dəyişdiricisi yerləşdirilir ki, onun vasitəsilə az qaynayan maye (ammiak, freon və s.) qızdırıldıqda dövr edir və buxarlanır, kinetik enerjini buxar turbininə ötürür.

Günəş enerjisindən istifadə perspektivləri.

1. Qeyri-məhdud enerji.
2. Elektrik enerjisinin istehsalı atmosferi çirkləndirmir.

3. Belə enerjinin çevrilməsi sistemi təhlükəsiz və yüksək etibarlılığa malikdir.

4. Materiallar təkrar emal və təkrar istifadə edilə bilər.

5. Avadanlıqlara texniki xidmətin asanlığı.

6. Enerji təchizatının etibarlılığı.

Hidroenerji

Ekoloji baxımdan su dünyada ən təmiz enerji mənbəyidir. Hidroenergetika yüksək hündürlükdən aşağı hündürlüklərə hərəkət edən suyun enerjisindən istifadə edir. Belə enerjini su anbarlarından və çaylardan istifadə etməklə əldə etmək olar. Ehtiyat su anbarları olan su elektrik stansiyaları onlarda yerləşən su ehtiyatlarından, çaydankənar su elektrik stansiyaları isə mövcud çay axınının enerjisindən istifadə edir(Aмерханов, P.A.,2021)..

Hidroenergetika su anbarları çox vaxt içməli və suvarma suyu, daşqın və quraqlığa nəzarət, naviqasiya xidmətləri və enerji təchizatı təmin etməklə bir çox məqsədlərə xidmət edir.

Hazırda hidroenergetika elektrik enerjisi sektorunda bərpa olunan enerjinin ən böyük mənbəyidir. Hidroenerjidən elektrik enerjisinin alınması üçün tələb olunan infrastruktur da ekosistemlərə mənfi təsir göstərə bilər. Bu səbəbdən çoxları kiçik su elektrik stansiyalarını ekoloji cəhətdən daha təmiz, xüsusən də ucqar ərazilərdə yaşayan insanlar üçün əlverişli variant hesab edirlər.

Azərbaycanda hidroenergetika istehsalı 1990-cı ildən artır. 2010-cu ildə istehsal olunan su elektrik enerjisinin gücü respublikanın enerji sisteminin ümumi gücünün 17,8 faizini təşkil etmişdir. Ölkədə hələ istifadə olunmamış hidroenergetika ehtiyatlarının inkişafı üçün geniş imkanlar var. Su elektrik stansiyalarının tikintisi nəticəsində sel suları tənzimlənir, ekoloji cəhətdən təmiz istehsal təmin olunur, yeni suvarma sistemləri yaradılır. Azərbaycan ərazisindəki çaylar kiçik su elektrik stansiyalarının yaradılması üçün əlverişlidir. 2021-ci ildə hidroenergetika gücü 1152 MVt idi.

Bioqaz

Bioqaz təbii biokütlədən onun anaerob (havaya çıxışı olmayan) fermentasiyası nəticəsində əldə edilən yanar qazdır. Bioqazın istehsalı bir növ bakteriyaların digəri tərəfindən müəyyən ardıcılıqla emalı nəticəsində mümkün olur. Bioqaz istehsalı heyvandarlıq təsərrüfatlarının bioloji tullantılarının emalı probleminin mükəmməl həlli və təsərrüfat müəssisələri üçün əlavə gəlir əldə etməkdir. Bu təkrar emal dövrü nəticəsində çoxlu miqdarda maye və bərk pəyin, bitki materiallarının çürüyən məhsulları və məişət tullantılarının konsentrasiyası ilə bağlı ekoloji problemləri həll etmək mümkün olur (Лукутин Б.В., 2008).

Bioqaz əsasən metan (50-80%), karbon qazı (15-50%) və az miqdarda ammoniyak, hidrogen sulfid, azot oksidləri və digər maddələrdən ibarətdir. İstehsalda istifadə olunan biometan çirklərdən təmizlənmə nəticəsində əldə edilir. Onun təbii qazdan yeganə fərqləndirici xüsusiyyəti təbii, parçalana bilən mənbələrdən olmasıdır.

Cədvəl 1.1. Bioqazın tərkibi

Qaz	Kimyəvi formulu	Həcmi
Metan	CH ₄	40-70 %
Karbon qazı	CO ₂	30-60 %
Digər qazlar		1-5 %
Hidrogen	H ₂	0-1 %
Hidrogen-sulfid	H ₂ S	0-3 %

Mənbə: <https://biogas.su/what-is-biogas/>

Azərbaycanda 2021-ci ildə bioqazın gücü 1 MVt olmuşdur.

Biokütlə

Biokütlə enerji mənbəyi kimi istifadə edilə bilən üzvi materialdır. Biokütlə bitki və heyvan tullantılarından, həmçinin enerji məqsədləri üçün xüsusi olaraq yetişdirilən xammaldan istehsal oluna bilər. Elektrik enerjisi istehsalında biokütlə buxar və ya isti hava yaratmaq üçün yanacaq kimi istifadə oluna bilər, daha sonra həmin buxar generator turbinlərini idarə etmək üçün istifadə olunur. Bu şəkildə istehsal olunan elektrik enerjisi bioelektrik adlanır.

Enerji istehsalında biokütlədən istifadənin bir sıra üstünlükləri var. Birincisi, biokütlə bərpa olunan enerji mənbəyidir, yəni qısa müddət ərzində təkrar istehsal oluna bilər. İkincisi, biokütlədən istifadə neft, qaz və kömür kimi qalığ yanacaqlardan

asililiği azaldır ki, bu da ətraf mühitin izlərini azalda və enerji resurslarının idxalı xərclərini azalda bilər.

Enerji istehsalında biokütlədən istifadənin bir çox faydası var. Onlardan bəziləri aşağıdakılardır:

1. Ekoloji cəhətdən təmizdir: Biokütlə bioloji parçalana bilən və tərkibində zəhərli maddələr olmayan üzvi materialdır. Buna görə də onun enerji mənbəyi kimi istifadəsi ətraf mühitə zərər vermir və atmosferi karbon qazı emissiyaları ilə çirkləndirmir.

2. Yenilənə bilən olması: Biokütlə təbii proseslər vasitəsilə tez bərpa oluna bilən bitki və ya heyvan maddələrindən əldə edilir. Bu o deməkdir ki, biokütlə tükənmək qorxusu olmadan istifadə edilə bilən bərpa olunan enerji mənbəyidir.

3. Xarici enerji təchizatçılarında asılılığı azaldır: Biokütlədən istifadə xarici enerji təchizatçılarında asılılığı azalda bilər, çünki biokütlə yerli resurslardan yerli istehsal oluna bilər. Bu, xüsusilə idxal olunan enerjiyə arxalanan ölkələr üçün vacibdir və enerji təchizatı kəsilərsə, problemlərlə üzləşə bilər.

Azərbaycanda aşağıdakı biokütlə mənbələri mövcuddur: yanar sənaye tullantıları, meşə təsərrüfatı və ağac emalı sektorunun tullantıları, kənd təsərrüfatı bitkiləri və üzvi qarışıq tullantıları, məişət və məişət tullantıları, neft və neft məhsulları ilə çirklənmiş ərazilərin tullantıları. Araşdırmalara görə, iqtisadiyyatın bütün sahələrində istehsal olunan tullantıların əksəriyyətini biokütlə məhsulları təşkil edir. Bu biokütlədən elektrik enerjisi istehsalında istifadə olunan qaz, maye və bərk biokütlə əldə etmək olar. Azərbaycanda hər il 2 milyon tondan çox bərk məişət və sənaye tullantıları zərərsizləşdirilməsi üçün poliqonlara atılır. Bərk məişət və sənaye tullantılarının emalı Bakıda və ölkənin iri sənaye şəhərlərində evlərin istilik problemini qismən həll edə bilər. 2021-ci ildə bioenerji gücü 45 MVt idi.

Bərpa olunan enerjinin faydalarına aşağıdakılar daxildir:

Ekoloji təhlükəsizlik: Bərpa olunan enerji mənbələri atmosfərə zərərli qazlar buraxmır və ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olmur. Bu o deməkdir ki, bərpa olunan enerjiden istifadə qalıq yanacaqlardan asılılığı əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər.

İqtisadi faydalar: Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə enerji istehsalı xərclərinə əhəmiyyətli qənaətə gətirib çıxara bilər. Məsələn, günəş və külək qurğuları istehlak nöqtələrinə daha yaxın quraşdırıla bilər, nəqliyyat xərclərinin qarşısını alır.

Yanacaq təchizatçılarında asılılığın aradan qaldırılması: Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə xarici yanacaq təchizatçılarında asılılığı azaldır. Bu, enerji idxalından asılı olan dövlətlər üçün vacibdir.

Yeni texnologiyaların inkişafı: Bərpa olunan enerjinin inkişafı yeni texnologiyaların işlənilib hazırlanmasını və istifadəsini tələb edir ki, bu da yeni iş yerlərinin yaradılmasına və iqtisadi artımı stimullaşdırma bilər.

Bərpa olunan enerji mənbələri daha əlçatan və sərfəli olduğundan enerji istehsalı xərclərini azaldır. Ümumiyyətlə, bərpa olunan enerjiden istifadənin iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə, təbii ehtiyatların qorunmasında və iqtisadiyyatın stimullaşdırılmasında xüsusilə faydalı ola biləcək bir çox faydası var.

Bərpa olunan enerjinin neft, qaz və kömür kimi ənənəvi enerji mənbələri ilə müqayisəsi istehsal xərcləri, ətraf mühitə təsirlər, mövcudluq və rəqabət qabiliyyəti də daxil olmaqla bir çox amillərdən asılıdır. Bərpa olunan enerjinin əsas üstünlüklərindən biri günəş, külək və su kimi heç vaxt tükənməyən enerji mənbələrindən istifadə etməsidir. Bu, məhdud ehtiyatlar olan və zamanla tükənəcək neft, qaz və kömürdən fərqlidir(Лукучин Б.В.,2008). Bundan əlavə, bərpa olunan enerji mənbələri, adətən, ənənəvi enerji mənbələrindən daha kiçik karbon izinə malikdir. Bu o deməkdir ki, bərpa olunan enerjiden istifadə daha təmiz ola bilər və iqlim dəyişikliyi ilə mübarizə aparmağa kömək edə bilər. Bununla belə, bərpa olunan enerji mənbələrinin qiyməti hələ də ənənəvi olanlardan yüksəkdir və bəzən onların istifadəsi resurslarının mövcudluğu ilə məhdudlaşa bilər. Bundan əlavə, bərpa olunan enerji mənbələri ənənəvi mənbələrdən daha az etibarlı ola bilər, çünki onlar hava şəraitinə və digər xarici amillərə məruz qalırlar. Beləliklə, bərpa olunan enerji ilə ənənəvi enerji mənbələri arasında seçim hər bir ölkənin spesifik şərtlərindən, eləcə də onun ekoloji və iqtisadi məqsəd və prioritetlərindən asılıdır.

Bir çox üstünlüklərə baxmayaraq, bərpa olunan enerjinin bəzi mənfi cəhətləri də var:

Aşağı enerji sıxlığı: Günəş və külək kimi bərpa olunan enerji mənbələri aşağı enerji sıxlığına malikdir. Bu o deməkdir ki, böyük həcmdə enerji istehsal etmək üçün böyük bir sahə və ya həcmdə enerji istehsalı müəssisələri tələb olunur.

Enerji təchizatının dəyişkənliyi: Bərpa olunan enerji mənbələri fasilələrlə işləyir və hava şəraitindən asılıdır. Bu, enerji istehsalında dalğalanmalara səbəb ola bilər ki, bu da enerji təchizatının əsas mənbəyi kimi istifadəni çətinləşdirir.

Yüksək istehsal xərcləri: Bərpa olunan enerji avadanlığının istehsalı və quraşdırılması çox bahalı ola bilər ki, bu da bərpa olunan enerjini daha ucuz edir.

Ətraf mühitə təsir: Bərpa olunan enerji mənbələrinin tikintisi və istismarı ətraf mühitə mənfi təsir göstərə bilər. Məsələn, su elektrik bəndləri çayların və göllərin ekosistemlərində dəyişikliklərə səbəb ola bilər.

Enerji anbarına ehtiyac: Bərpa olunan enerjiden geniş istehsal miqyasında istifadə etmək üçün əlavə infrastruktur xərclərini əks etdirən enerji saxlama sistemləri hazırlanmalıdır.

Ənənəvi enerji mənbələri ilə müqayisədə bərpa olunan enerjinin çatışmazlıqları aşağıdakıları əhatə edə bilər:

Böyük investisiya tələb olunur: Günəş və külək kimi bərpa olunan enerji mənbələri çox vaxt əhəmiyyətli kapital qoyuluşu tələb edir.

Avadanlıqların quraşdırılması üçün daha çox yerə ehtiyac: Bərpa olunan enerji mənbələri külək turbinləri və ya günəş panelləri kimi qurğularını yerləşdirmək üçün daha çox yer tələb edə bilər.

Hava şəraitindən asılıdır: Günəş və külək kimi bərpa olunan enerji mənbələri hava şəraitindən asılıdır və bu, qeyri-sabit enerji təchizatına səbəb ola bilər.

Eyni zamanda, neft, kömür və qaz kimi ənənəvi enerji mənbələrinin də çatışmazlıqları var, bunlara aşağıdakılar daxildir:

Ətraf mühit: Ənənəvi enerji mənbələrinin istehsalı və istifadəsi ətraf mühitə zərərli ola bilər, çünki onlar atmosfərə zərərli qazlar və tullantılar buraxa bilər.

Məhdud resurslar: Ənənəvi enerji mənbələri bərpa olunmayan mənbələrdir və gələcəkdə tükənə bilər.

Çıxarma və çatdırılma ehtiyacı: Ənənəvi enerji mənbələrinin çıxarılması və çatdırılması prosesi təhlükəli və bahalı ola bilər. Gələcəkdə bərpa olunan enerjinin inkişafı perspektivləri çox ümidvericidir. Bərpa olunan enerji texnologiyalarının qiymətləri azalmağa davam etdikcə, bərpa olunan enerji mənbələri getdikcə daha əlçatan və sərfəli olur. Gələcəkdə elektrik enerjisi istehsalında bərpa olunan enerji mənbələrinin payının neft, qaz və kömür kimi ənənəvi mənbələrin payından daha sürətlə artacağını gözləmək olar. Gələcəkdə gözlənilən əsas dəyişikliklərdən biri də bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin artırılmasıdır. Bu, ənənəvi enerji mənbələrinin idxalından asılılığı azaldacaq ki, bu da ölkələrin enerji təhlükəsizliyini artıracaq. Bundan əlavə, bu, ətraf mühitə və insan sağlamlığına müsbət təsir göstərən istixana qazlarının və digər çirkləndiricilərin emissiyalarının azalmasına səbəb olacaq. Bərpa olunan enerjinin inkişafı həm də yeni iş yerləri yarada və iqtisadi artımı stimullaşdırma bilər.

1.2. Günəş panellərindən enerjinin alınması və ondan hidrogen alınmasında istifadə

Günəş enerjisi elektrik enerjisi və ya isti suyu və digər maddələr istehsal etmək üçün istifadə edilə bilən günəş tərəfindən yayılan enerjidir. Bu enerji günəş işığını elektrik cərəyanına çevirməklə (günəş panelləri vasitəsilə) və ya günəş kollektorları vasitəsilə mayeləri və ya qazları qızdırmaqla birbaşa istilikdən istifadə etməklə əldə edilir (Воронин С.М., 2007).

Günəş enerjisindən elektrik enerjisinin alınması günəş işığını elektrik cərəyanına çevirən günəş panelləri vasitəsilə həyata keçirilir. Bu elektrik enerjisi məişət texnikası, müəssisələr, fabriklər və s. üçün istifadə edilir. Günəş paneli günəş şüalarından istifadə edərək elektrik gərginliyi və cərəyan yarada bilən səthə quraşdırılmış fotoelektrik cihazdır (Şəkil 1.5).

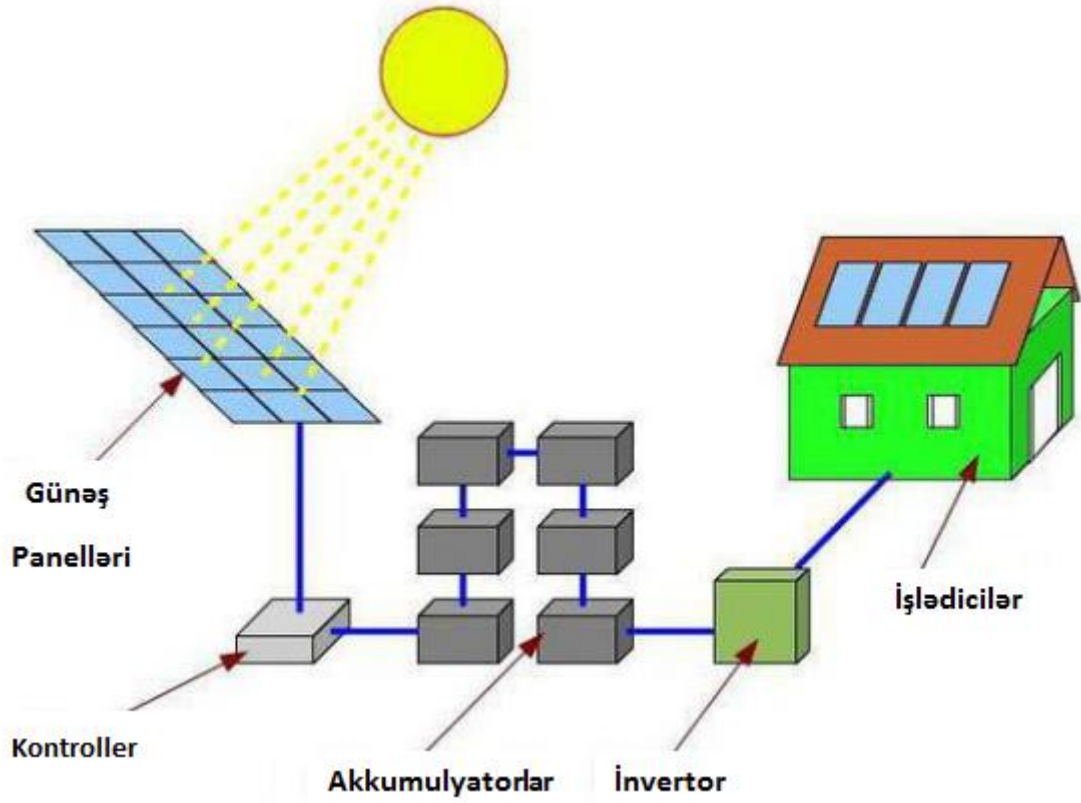


Şək.1.5. Günəş panelləri

Mənbə: <https://greentec-group.ru/info/articles/solnechnye-batarei-tipy-i-otlichiya/>

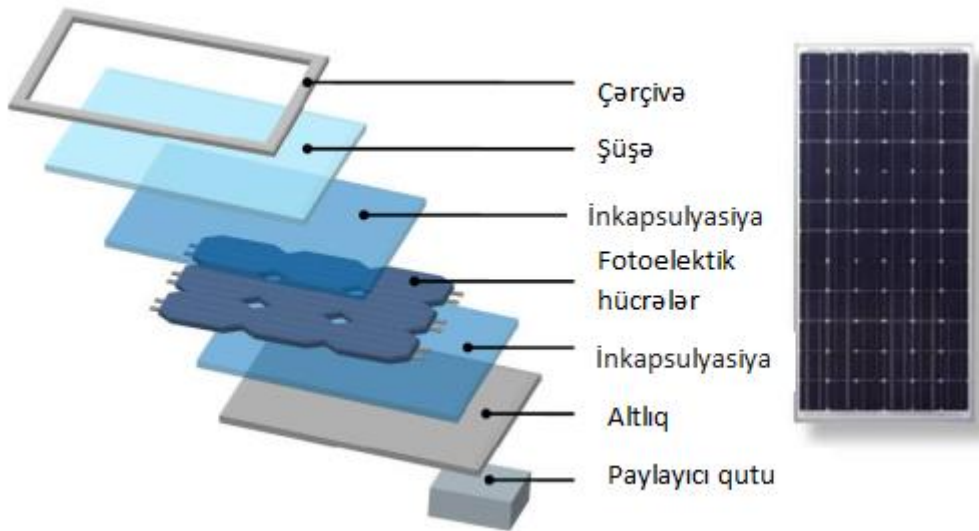
Onlar tez-tez yerə yaxın yerləşən evlərin, müəssisələrin və ya günəş elektrik stansiyalarının damlarında görünə bilər. Günəş panelləri bir fotoelektrik sistem yaratmaq üçün birləşdirildikdə (ardıcıl və ya paralel) günəş batareyası adlanır. Çox vaxt massiv panellər bir evi və ya müəssəni qidalandırmaq üçün istifadə olunur. Günəş batareyası dəstinə elektrik cərəyanını saxlamaq və gecə vaxtı onun verilməsini təmin etmək üçün akkumulyator batareyaları, həmçinin sabit cərəyanı dəyişən cərəyana çevirən xüsusi invertor daxildir. Şarj nəzarətçisi panel və batareya arasında əlaqə rolunu oynayır. Sadə sözlə desək, batareyanı düzgün cərəyan və gərginliklə doldurur. O, həmçinin həddindən artıq yüklənmənin almağa kömək edir. Tək panellər, əksinə, bir qayda olaraq, tək və aşağı güclü cihazları qidalandırmaq üçün istifadə olunur. Günəş panelinin əsas hissələri bunlardır: bərk şüşədən hazırlanmış üst təbəqə, hermetik təbəqə, günəş elementləri təbəqəsi, çərçivə, arxa təbəqə, çərçivə və paylayıcı qutu.

Fotoelektrik qurğunun struktur sxemi Şəkil 1.6-da göstərilmişdir.



Şək.1.6. Fotolektrik qurğunun struktur sxemi

Mənbə: <https://energo-souz.ru/articles/skhemy-podklyucheniya-solnechnykh-paneley/>



Şək. 1.7. Güneş panelinin elementləri

Mənbə: <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/techsolarpanels.htm>

Şüşə masa üstü: Bu parça davamlı şüşədən və əks etdirməyə qarşı təbəqədən hazırlanmışdır.

İnkapsulyasiya: Enerji istehsal edən elementləri qoruyan qoruyucu təbəqə, adətən plastikdir.

Günəş elementləri: Elektrik istehsalının baş verdiyi yerdir.

Arxa vərəq: Günəş panelinin arxa təbəqəsi həm qoruma, həm də elektrik izolyasiyasını təmin edir.

Çərçivə: Günəş panelinin yüngül olması üçün alüminiumdan hazırlanmış çərçivə onu bir yerdə saxlamaq üçün lazım olan struktur gücünü təmin etməlidir.

Paylayıcı qutu: Paneli digər panellərə və sxemlərə birləşdirən birləşdiriciləri və kabelləri ehtiva edir.

Günəş paneli istehsalçıları cihazlar hazırlamaq üçün müxtəlif texnologiyalardan istifadə edirlər. Bu, fərqli xüsusiyyətlərə malik müxtəlif növ panellərin yaradılmasına imkan verir. Günəş panellərinin aşağıdakı növləri mövcuddur: monokristal, polikristal, nazik təbəqəli və PERC.

Monokristal günəş batareyası enerji istehsal edən hüceyrələrdə tək kristaldan, saf silisium kristallarından istifadə etdiyi üçün belə adlandırılıb. Buna görə də, bu tip günəş panelləri qara və ya tünd rəngli və səkkizbucaqlı hüceyrələrlə xarakterizə olunur. Monokristal panel bütün növ günəş panellərinin ən sadəsidir. O, həm də kifayət qədər səmərəlidir və aşağıda müzakirə olunacaq polikristaldan daha çox günəş işığını enerjiyə çevirir. Bununla belə, onun istehsalı daha mürəkkəbdir və dəyəri daha yüksəkdir.

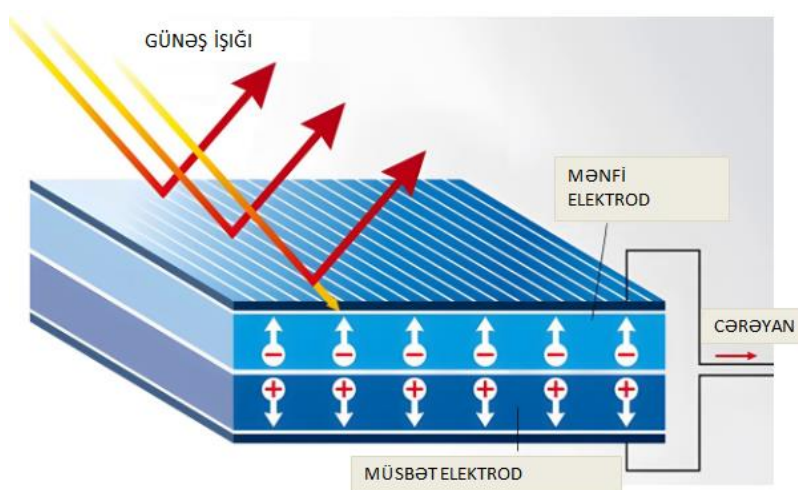
Polikristal günəş panelləri, adlarından da göründüyü kimi, bir hüceyrədə çoxlu silisium kristallarına malikdir. Bu, onların istehsalını asanlaşdırsa da, belə fotoelektrik panellər daha az səmərəlidir, yəni monokristal panellərdən daha az günəş işığını elektrik enerjisinə çevirirlər. Bundan əlavə, polikristal günəş panelləri daha ucuzdur, çünki istehsal etmək daha asandır. Tətbiq nöqtəyi-nəzərindən, onlar əlverişli qiymətin yüksək enerji istehsalı səmərəliliyindən daha cəlbedici olduğu daha az

tələbkar vəziyyətlər üçün uyğundur. Polikristal panellər xarakterik mavi rəngləri ilə müəyyən edilə bilər.

Nazik təbəqəli günəş paneli bir səthə fotoelektrik materialın bir qatını (və ya təbəqələrini) yerləşdirməklə hazırlanır. Səth şüşə, plastik və ya metal ola bilər. Mono və polikristal panellərlə müqayisədə nazik təbəqəli panellər daha az səmərəlidir. Təxmin etdiyiniz kimi, o, həm də ən sərfəlisidir. Onlar həmçinin yüngüldür və unikal tətbiqlərdə istifadə oluna bilən çevik panellərə malikdirlər.

PERC passivləşdirilmiş emitent və arxa hüceyrə deməkdir. Bu tip günəş panellərinin altında və ya arxa tərəfində bir təbəqə var, buna görə də onlara "arxa hüceyrələr" deyilir. Bu təbəqə adi paneldən keçəcək işığın miqdarını əks etdirməyə xidmət edir. Arxa təbəqə əlavə etməklə PERC günəş paneli daha səmərəli olur. Tipik olaraq, monokristal panelə əks etdirici təbəqə əlavə olunur ki, bu da onun enerji istehsalının səmərəliliyini daha da yüksək səviyyəyə qaldırır. Bu tip panellər əsasən kommersiya elektrik istehsal sistemlərində istifadə olunur.

Günəş batareyalarının iş prinsipi fotoelektrik effektinə əsaslanır. Bu halda, işıq enerjisi fotonları materialın atomlarında elektronları həyəcanlandırır və atomdan çıxarır. Günəş batareyasında elektrik cərəyanı yaranır. Müasir panellərin əksəriyyəti silisiumdan istifadə edir, buna görə də günəş batareyalarının necə işlədiyinə yaxşı bir nümunədir. Günəş panelinin iş prinsipi şəkil 1.8-də verilmişdir.



Şək. 1.8. Günəş panelinin iş prinsipi

Mənbə: <https://anlan.ru/articles/portativnyie-skladnyie-solnechnye-batarei-effektivnyj-istochnik-energii-dlya-puteshestvij>

Tipik bir günəş paneli bir-birinə bağlı fərdi enerji yaradan eleməndən ibarətdir. Hər bir element iki nazik silisium təbəqədən ibarətdir. Qatlardan biri (üst hissəsini təşkil edir) fosforla lehimləşdirmə ilə əldə edilən P tip yarımkəçiricidir. Digər tərəf isə elektron çatışmazlığı yaratmaq üçün bor ilə aşqarlanır və N tipi yarımkəçirici adlanır. P təbəqəsi elektronların çoxluğuna malikdir və mənfi yüklüdür. N təbəqəsi elektronlar üçün boş yerləri ehtiva edir. Onlara deşiklər deyilir. Bu iki təbəqənin kontaktı PN qovşağını meydana gətirir. Bu keçid elektronların yalnız bir istiqamətdə axmasına imkan verən elektrik sahəsi yaradır.

Günəş panelinin necə işlədiyinə addım-addım baxaq. Günəş panelləri şüaları toplayır. Həmin şüalar fotovoltaiik səthə düşürlər. Günəş işığı elektronların iki təbəqədən ayrılmasına səbəb olur. İkinci hissədən gələn elektronlar birinci hissədən boşalmış hissələri doldurur. Nəticədə xarici dövrdə gərginliyin formalaşmasına səbəb olan elektronların daimi hərəkəti yaranır. Nəticədə fotoelektrik təbəqələrdən biri mənfi, digəri isə müsbət yüklənir (Воронин С.М.,2007). İşləyən günəş batareyası sabit cərəyan yaradır. Yalnız müəyyən cihazlar tərəfindən istifadə edilə bilər. Onu daha faydalı etmək üçün cərəyan AC və ya AC-DC olaraq dəyişdirilir. Bunun üçün günəş inventoru adlanan cihazdan istifadə etmək lazımdır. Günəş panelləri gecə işləyə bilərmi? Gəlin nəzər salaq. Gecələr günəş parlamır. Panellər işləmək üçün işıq enerjisinə ehtiyac duyduğu üçün bu, üç elektronun sərbəst buraxılmaması və xarici dövrdə heç bir elektrik axınının olmaması deməkdir. Bu müddət ərzində panel enerji verə bilməz. Günəş panellərinin istehsal etdiyi elektrik enerjisinin miqdarı onların hüceyrələrinə düşən işığın miqdarı ilə düz mütənasibdir. Alaqaranlıqda bu miqdar səhərə qədər əhəmiyyətli dərəcədə azalır, istehsal tədricən artır. Günəş işığından cərəyan yarada bilən günəş panelləri, panelin istehsal etdiyi enerjinin miqdarının cihazın istehlak etdiyi gücə uyğun olması şərti ilə, demək olar ki, elektrik enerjisi istehlak edən hər hansı bir cihazı gücləndirmək üçün istifadə edilə bilər.

Tipik olaraq günəş panelləri aşağıdakı məqsədlər üçün istifadə olunur. Evlərdə günəş panelləri işıqlar və mətbəx cihazlarından tutmuş demək olar ki, hər hansı bir elektrik cihazını qidalandırmaq üçün istifadə olunur. Müəssisələr həmçinin müxtəlif yükləri qidalandırmaq üçün günəş panelləri quraşdırıla bilərlər. Böyük günəş elektrik

stansiyaları elektrik enerjisi istehsal etmək və istehlakçılara paylamaq üçün böyük panellərdən istifadə edir. İndi günəş panelləri elektrik avtomobillərinin enerji doldurma stansiyalarını qidalandırmaq üçün istifadə olunur. Bəzi elektron cihazlar enerji üçün miniatür günəş panelləri ilə təchiz edilmişdir. Bunlara kalkulyatorlar, radiolar və s. Günəş panelləri kosmosda elektrik enerjisi istehsal etmək üçün adətən kosmik gəmilərə quraşdırılır.

Günəş panellərinin səmərəliliyinin artırılması

Günəş panelinin f.i.ə-si onun faydalı elektrikə çevirə biləcəyi günəş işığının miqdarı ilə bağlıdır. Effektivlik nə qədər yüksək olsa, günəş panelləri bir o qədər çox elektrik enerjisi istehsal edə bilər, bu da enerji xərclərinin azaldılması və investisiyanın daha sürətli qaytarılması deməkdir. Buna görə də, günəş paneli sisteminin səmərəliliyinin artırılması investisiyadan ən yaxşı nəticə almaq üçün vacibdir (Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А., 2015).

Günəş panellərinin səmərəliliyinə günəş panellərinin növü, temperatur, günəş panellərinin yerləşmə bucağı, aldıkları günəş işığının miqdarı və hər hansı kölgə və ya maneə də daxil olmaqla bir neçə faktor təsir edə bilər. Hətta kiçik bir miqdar kölgə günəş panelinin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər.

Günəş milyardlarla ildir enerji istehsal edir. Günəş hər saat Yerə bütün il ərzində qlobal enerji ehtiyacını ödəmək üçün lazım olduğundan daha çox enerji buraxır.

Və hər gün texnologiya sürətlə inkişaf edir və günəş modellərinin istehsalı hələ də dayanmır.

Ancaq hətta ən son inkişaflar hələ də günəş işığı spektrinin çoxunu istifadə etmir, baxmayaraq ki, günəş hüceyrələri kifayət qədər günəş işığına məruz qalır.

Günəş panellərinin istehsalında müasir yeniliklər onların səmərəliliyini artırmaq, xərcləri azaltmaq və ətraf mühitə təsirini minimuma endirmək məqsədi daşıyır. Bu irəliləyişlər təkmilləşdirilmiş istehsal texnikası, proseslərin avtomatlaşdırılması və istehsala davamlı yanaşma sayəsində mümkün olur.

1. Səmərəliliyin artırılması üçün təkmilləşdirilmiş istehsal üsulları

Günəş panellərinin istehsal üsullarında yeniliklərə aşqarlama, səthi tekstura və silisium təbəqənin arxa tərəfinin passivləşdirilməsi üçün yeni üsulların işlənilib hazırlanması daxildir. Bu texnologiyalar foton itkisini azaltmaq və udulmuş hər bir fotondan yaranan elektrik miqdarını artırmaq məqsədi daşıyır.

- Aşqarlama, yarımkeçirici materialın içinə aşqar atomlarını daxil etməklə onun elektrik xüsusiyyətlərini dəyişdirməyə imkan verir. Bu, keçiriciliyi yaxşılaşdırır və günəş panelinin yaratdığı cərəyanı artıraraq, yüklərin daha səmərəli şəkildə yığılmasına imkan verir.
- Səthin teksturası günəş panellərinin səthində işıqın əks olunmasını azaldan və fotonların udulmasını artıran mikroskopik strukturlar yaradır. Bu, panellərin ümumi səmərəliliyinin artması ilə nəticələnir.
- Silisium təbəqənin arxa tərəfinin passivləşdirilməsi təbəqənin arxa tərəfindəki yük rekombinasiyasını azaltmağa kömək edir, bu da panellərin gücünü artırmağa kömək edir.

2. İstehsalın avtomatlaşdırılması və robotlaşdırılması

Avtomatlaşdırma və robot texnikası istehsal proseslərinin optimallaşdırılmasında, xərclərin azaldılmasında və günəş panellərinin istehsalının miqyasının artırılmasında əsas rol oynayır. Robotik sistemlər silisium lövhələrinin avtomatik kəsmək, keçirici elementlər tətbiq etmək və panellərin özlərini yığmaq üçün istifadə olunur. Bu texnologiyalar nəinki prosesin dəqiqliyini və təkrarlanmasını təkmilləşdirir, həm də nazik təbəqə və perovskit materialları ilə işləyərkən xüsusilə vacib olan maddi ziyan riskini azaldır.

3. Materialların davamlı istehsalı və təkrar emalı

Davamlı günəş paneli istehsalı ətraf mühitə uyğun materiallardan istifadəni, tullantıların minimuma endirilməsini və istifadə olunmuş materialların təkrar emalını əhatə edir. İstehsalçılar perovskit günəş batareyalarında qurğuşun alternativləri kimi daha az zəhərli materialların istifadəsini araşdırır və istismar müddəti bitmiş günəş panellərindən silisium və digər qiymətli materialları təkrar emal etmək üsullarını inkişaf etdirirlər (Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А., 2015).

- Ekoloji cəhətdən təmiz materiallar: Yeni, ekoloji cəhətdən daha az zərərli materialların tətbiqi istehsalın ətraf mühitə təsirini azaldır və sənayenin ümumi ekoloji izlərini yaxşılaşdırır.
- Təkrar emal: Effektiv təkrar emal üsullarının inkişafı ilkin resurslara ehtiyacı azalda və tullantıları azalda bilər. İstifadə olunmuş günəş panellərinin toplanması və təkrar emalı proqramları qapalı istehsal dövrünün yaradılmasına kömək edir.

Günəş panellərinin istehsalındakı bu yeniliklər günəş enerjisinin maya dəyərini azaltmaq və səmərəliliyini artırmaqla yanaşı, onu daha dayanıqlı və ekoloji cəhətdən təmiz edir. Bu sahədə davamlı tədqiqat və inkişaf bütün dünyada günəş enerjisindən istifadəni genişləndirməyə kömək edəcək gələcək təkmilləşdirmələr vəd edir.

Günəş panellərini təşkil edən materialların hibridləşdirilməsi səmərəliliyin artırılması variantlarından biri hesab olunur, bu məqsədlə müsbət nəticələri artıracaq müxtəlif maddələrlə təcrübələr, müxtəlif sınaqlar aparılır.

Kalsium titanat planetimiz üçün ekzotik birləşmədir, bu mineral daha çox perovskit kimi tanınır. Tədqiqatlar zamanı əldə edilən nəticələr perovskitlərin günəş enerjisini uğurla elektrik enerjisinə çevirdiyini üzə çıxarıb. Belə panellər günəş enerjisi istehsalı üçün kifayət qədər perspektivli hesab edilir. Hər şeydən əvvəl, kalsium titanat daha çox təbəqə ehtiva edən keramika kondansatorləri yaratmaq üçün dielektrik kimi istifadə edilmişdir. Hazırda bu elementin istifadəsi artan məhsuldarlıq və yüksək performans ilə xarakterizə ediləcək günəş panellərinin yaradılması və təkmilləşdirilməsi istiqamətində cəmləşib.

Məlumdur ki, silisium və kalsium titanat yarımkeçiricilərin nümayəndələridir. Beləliklə, bu elementlərin hər ikisi onlara edilən işıq selinin təsiri ilə elektrik enerjisini səmərəli şəkildə ötürür. Bununla belə, perovskitin f.i.ə həmiyyətli silisiumla müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə böyükdür.

silikonda. Eyni zamanda, kalsium titanatın özünün ucuz dəyəri səbəbiylə perovskit panellərinin istehsal xərcləri daha azdır, bu elementləri silisiumla müqayisədə daha

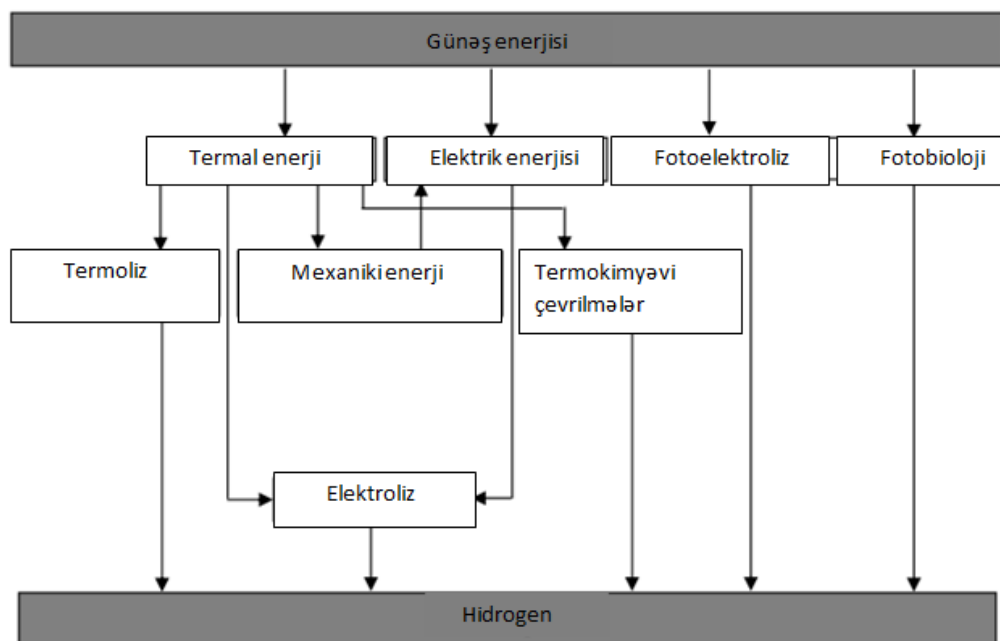
ucuz qiymətə istehsal etməyə imkan verəcəkdir. Və elektrik enerjisinin istehsalı əvvəlki səviyyədə qalır və ya əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olur.

Perovskit elementləri yaratmaq üçün bir substrata kimyəvi örtük tətbiq olunur və material tamamilə kristallaşana qədər qızdırılır.

Perovskiti özündə birləşdirən panellər silisiuma ucuz alternativdir, eyni zamanda onların istehsalı ekoloji cəhətdən təmizdir. Həm də əhəmiyyətli bir üstünlük onların daha rahat və səmərəli yerləşdirmə üçün elastiki və qeyri-həcmli olmalarıdır.

Hazırda hibrid perovskit elementləri günəş işığının elektrik enerjisinə çevrilməsində daha yüksək məhsuldarlıq göstərir.

Hidrojenin enerji daşıyıcısı olaraq istifadə edilməsi fikri 1970-ci illərin ilk yarısında dünyanın gündəmində yer almağa başlamışdır və “hidrojen iqtisadiyyatı” anlayışı ortaya çıxmışdır (Agrafiotis C., Pagkoura C., Lorentzou S., Kostoglou M., and Konstandopoulos A. G.,2007). Hidrojen iqtisadiyyatı, hidrojenin enerji quruluşunda daha çox istifadə edilməsi anlamına gəlir. Günəş enerjisi bərpa olunan enerji mənbələrinin əsas növlərindən biridir. Lakin, günəş enerjisinin kəsintili olması istehsal olunan enerjinin toplanıb saxlanılmasını tələb edir. Bu problemin həlli üçün bir enerji daşıyıcısına ehtiyac vardır. Günəş enerjisindən hidrogen alınmasının üsulları Şəkil 1.9-da göstərilmişdir.

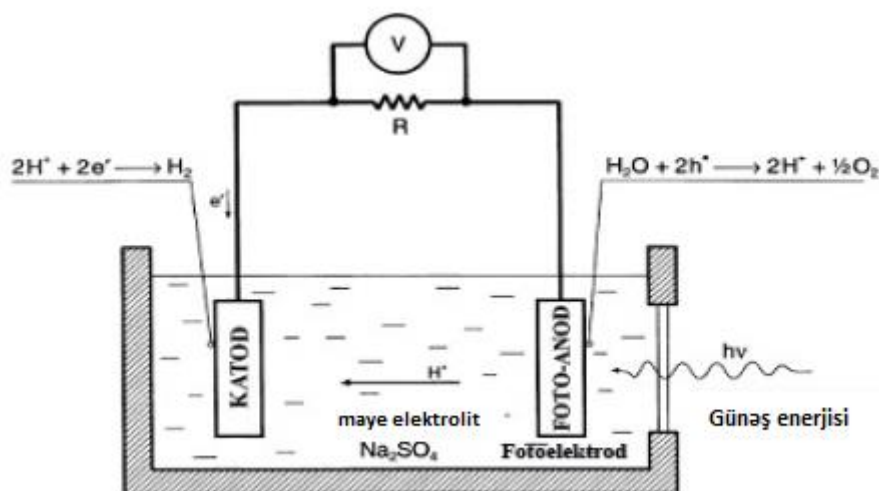


Şək. 1.9. Günəş enerjisindən hidrogenin alınması üsulları

II FƏSİL. GÜNƏŞ ENERJISİNDƏN HİDROGEN ALINMASI ÜSULLARI

2.1. Fotoelektroliz üsulu ilə hidrogenin alınması

Fotoelektroliz işığın elektroliz üçün istifadə olunduğu fotoelektrokimyəvi hüceyrələrdə aparılır. Başqa sözlə, fotoelektroliz işığın elektrik cərəyanına çevrilməsi və bu cərəyandan istifadə edərək molekulların parçalanması prosesidir. Bu üsul İsveçin Linköping Universitetinin tədqiqatçıları tərəfindən aşkar edilmişdir. Onlar apardıqları təcrübələri nəticəsində məsaməli olmayan silisium karbidini yaratdılar, bu da ekoloji cəhətdən təmiz hidrogen istehsalı üçün perspektivli imkanlar yaradır (Doğu İ., 2014). Şəkil 2.1- də bir fotoelektrokimyəvi hüceyrənin prinsiplial sxematik təsviri verilmişdir.

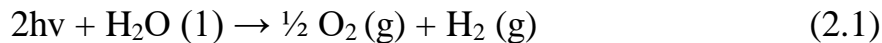


Şək. 2.1. Fotoelektrokimyəvi hüceyrənin sxematik təsviri

Mənbə: https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-a-photo-electrochemical-cell-PEC-for-water-photo-electrolysis-Adapted_fig1_336930108

Fotoelektroliz qurğusu iki hissədən: günəş işığını udan və yükdaşıyıcıları generasiya edən yarımkeçiricidən və məhluldan yükdaşıyıcıların çıxarılmasını və ionların adsorbsiyasını təmin edən elektrokatalizatorlardan ibarətdir (Акар К., Динсер И., 2016). Anodun işıqlandırılması zamanı onun səthində yük daşıyıcıları, yəni fotoelektronlar və deşiklər yaranır. Bu elektronlar sərbəst şəkildə katoda doğru axır, burada onlardan dördü dörd su molekulu ilə reaksiyaya girərək iki hidrogen molekulu və dörd OH- qrupu əmələ gətirir. OH- qrupları maye elektrolit vasitəsilə yenidən

anod səthinə keçir. Orada qalan dörd deşiklə reaksiyaya girirlər, nəticədə iki su molekulu və bir oksigen molekulu yaranır. Suyun parçalanması reaksiyası aşağıdakı kimidir:



Burada h plank sabiti,

ν tezlikdir.

Suyun fotoelektrolizindən istifadə edərək hidrogen istehsalına süni fotosintez də deyilir. Təbii fotosintez kimi, bu proses də gələcəkdə istifadə etmək üçün günəş enerjisini saxlamağa, ondan sonra istifadə oluna biləcək müxtəlif yanacaq növlərini istehsal etmək üçün istifadə etməyə imkan verir.

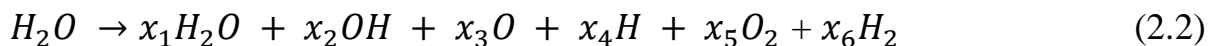
Fotoelektroliz metodunda günəş enerjisinin udulması və suyun elektrolizi bir yerdə birləşdirilir. Son illərdə bu sahədə tədqiqatlar əsasən fotoelektrod materiallarına yönəldilmişdir. Alimlər bu sahədə bütün bu prosesi dəstəkləyə biləcək material və ya baza tapmaq çətinliyi ilə üzləşdilər və indiyə qədər ideal və ya ən uyğun material tapılmadı, çünki bəzi materiallar çox bahadır, bəziləri ətraf mühiti çirkləndirir, bəziləri isə effektiv deyildir; onların əksəriyyəti tez parçalanır, digərləri su ilə zədələnir, bəziləri isə həddindən artıq sərt iş şəraiti tələb edir; bu səbəbdən xərc/səmərəlilik nisbəti hələ iqtisadi, ekoloji, siyasi və digər nöqteyi-nəzərdən məqbul olmamışdır, digərləri isə genişmiqyaslı tətbiq üçün yararlıdır və beləliklə onların tətbiqi bir neçə spesifik və kiçik miqyaslı proseslərlə məhdudlaşır. Titan dioksid (TiO_2) ilk dəfə eksperimental fotoelektroliz üsulunda istifadə edilmişdir. Bu Metodun eksperimental sübutundan sonra TiO_2 ilə bağlı bir çox tədqiqatlar aparılmışdır (Xan və başqaları 2002, Radeka 2004, Heller və Vadimski 1981). Bununla belə, Günəş spektrindən kifayət qədər istifadə edə bilən materiallar tapılmadı. Bəzi aşağı enerji diapazonlu materiallar (CdS -Kadmium Sulfid, CdSe -Kadmium Selenid, InP - İndium Fosfat və GaAs -Qallium Arsenid kimi materialların günəş radiasiyasını udmaq qabiliyyəti yüksək olsa da, bu materiallar mayedir Elektrolit (qələvi və turşu məhlulları) ilə təmasda asanlıqla korroziyaya məruz

qalır.(Nozik 1972, Kaintla və başqaları. 1987). QaN (Qallium Nitrit) qələvi və turşulu məhlullarına davamlı olduğu üçün onun özərində aparılan tədqiqatlar artmışdır.Fotoelektroliz sahəsində önəmli kəşflərdən biridə nano-TiO₂materialına əsaslanan boya ilə həssaslandırılmış günəş radiasiyası hüceyrələridir. Fotoelektroliz üsulu, P/n və ya n/p fotoelektrikləri tərəfindən yaradılan sadə istehsal olsa da, böyük səth sahələrini və yarımkeçiricilərin istifadəsini tələb edir. Bundan əlavə, fotoelektrokimyəvi hüceyrələrin ömrü olduqca aşağıdır[2].

Fotoelektroliz prosesinin maksimum nəzəri səmərəliliyi 35% civarındadır. Son tədqiqatlarda fotoelektroliz proseslərdə 18%-ə qədər enerji səmərəliliyinə nail olunub . Bu səmərəlilik çox aşağı hidrogen istehsalı həcmələrində əldə edilmişdir. Gələcəkdə əhəmiyyətli bir üsul olaraq hidrogen istehsalında öz yerini tutacağı proqnozlaşdırılır.

2.2. Termiki üsulla hidrogenin alınması

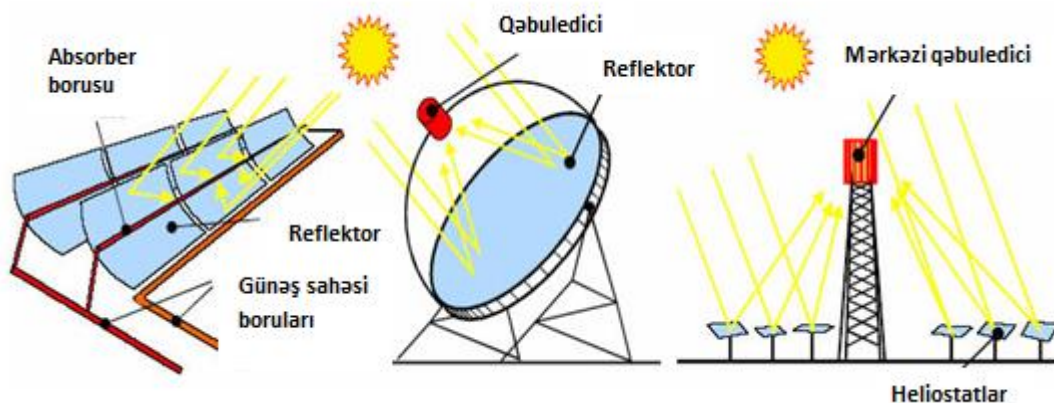
Hidrogen günəş enerjisindən istifadə etməklə dörd fərqli yolla əldə edilə bilər.Hidrogen günəş enerjisindən alınan istiliyin köməyi ilə suyun termolizi (termal parçalanma) yolu ilə əmələ gəlir. Termoliz prosesi tənlik 2.2-də göstərildiyi kimi tam bir prosesdir. Komponentlərinə ayrılma reaksiyası yoxdur.Reaksiya temperatur və təzyiqdən asılıdır:



Suyun aşağı parçalanma dərəcələrində oksigen və hidrogen əks reaksiya ilə suya geri buraxılır. Buna görə də bu üsul enerji tələb edir.Proses yüksək temperaturda oksigen-hidrogen ayrılması ilə baş verir və bahalı membran tələb edir.Suyun termolizi prosesi yüksək temperatur tələb edir (>2200 K). Bütün bu problemlərə görə gələcəkdə texniki və iqtisadi uğur əldə etmək çətin görünür. Başqa bir problem

prosesin yüksək temperaturlara tab gətirə bilən materiallar tələb etməsidir. Proses ədəbiyyatda müxtəlif tədqiqatlarda termodinamika (Ihara 1979), iqtisadi (Baykara və Bilgen 1989) və təcrübi olaraq laboratoriya miqyasında (Bilgen və başqaları. 1989, Kogan 1998) araşdırılıb. Prosesin səmərəliliyi istilik bərpası kimi üsullarla artırılır. Elektroliz prosesindən fərqli olaraq, enerji birbaşa tərkibində H₂ olan maddələrin parçalanmasına sərf olunur. Bu metodun üstünlüyü ondan ibarətdir ki, elektrik enerjisi tələb olunmur və proses nisbətən aşağı temperaturda aparılır. Prosesin məhsuldarlığını artırmaq üçün səylər göstərilə də, onun məhsuldarlığı hələ də kifayət qədər aşağıdır. Hal-hazırda kommersiya miqyasına çatan və ya pilot layihə kimi həyata keçirilən günəş termoliz sistemi mövcud deyildir.

Günəş enerjisindən hidrogen əldə etməyin başqa bir üsulu günəş termal elektrik stansiyalarından istifadə etməkdir. Bu üsulda geniş miqyaslı günəş kollektor sistemləri (çanaq, parabolik nov və günəş qüllələri) istifadə olunur. Bu tip günəş kollektoru sistemlərdə istilik ötürücü maye hava, su, natrium və ya ərimiş duzdur. Şəkil 2.2- də günəş elektrik stansiyası təsvir olunmuşdur.



Şək. 2.2. Günəş elektrik stansiyası

Mənbə: <https://tehnar.net.ua/teplovyye-solnechnyye-elektrostantsii-bashennogo-tipa-sistemyi-kontsentratsii-solnechnoy-energii/>

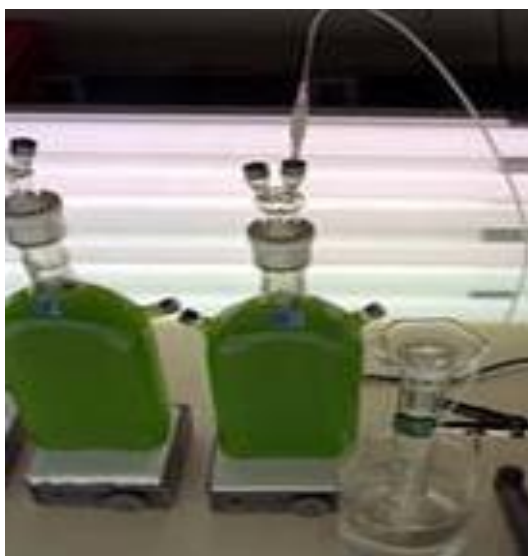
Nəticədə, bu sistemlərdə günəş termal enerji bu dövrlər vasitəsilə əvvəlcə mexaniki enerjiyə, sonra isə elektrik enerjisinə çevrilir. Yaranan elektrik enerjisi hidrogen əldə etmək üçün suyun elektrolizində istifadə olunur. Nəzəri tədqiqatlarda

günəş termal elektrik stansiyaları və qələvi elektrolizatorlardan istifadə edərək hidrogenin çevrilməsində səmərəlilik 20%-ə çata bilər. Günəş enerjisindən yuxarıda qeyd edilən günəş kollektor sistemləri sayəsində əldə edilən istilikdən istifadə edərək, yüksək temperaturlu elektrolizatorlarda birbaşa sudan istifadə etmək mümkündür. Yüksək temperatur elektrolizatorları üzərində tədqiqatlar hələ də davam edir. Başqa bir üsul günəş kollektor sistemlərindən istifadə edərək qalıq yanacaqların yandırılmasıdır. Hidrogen termal parçalanma yolu ilə əldə edilir. Bu sahədə təbii qaz yüksək temperaturda digər karbohidrogenlərin qazlaşdırılması və ya termik krekinq yolu ilə əldə edilə bilər. Amma günəş kollektor sistemləri hələ inkişaf mərhələsində olduğundan, bu üsul nəzəri olaraq qalır.

2.3. Fotobioloji üsulla hidrogenin alınması

Hidrogen istehsal edən kifayət qədər çox bakteriya məlumdur, lakin onların əksəriyyəti fakultativ anaeroblardır, yəni onlar yalnız havaya çıxışı olmayan mühitlərdə mövcud ola bilərlər, bu, açıq şəkildə sənaye üçün çox uyğun deyil. Fotosintez prosesindən istifadə edərək hidrogen istehsal edəcək gen mühəndisliyi bakteriyasının yaradılması ideyası uzun müddətdir ki, bioloqlar arasında dolaşır və məşhur molekulyar bioloq Kreyq Venter bunu hətta özünün “süni həyatının” prioritetlərindən biri hesab etmişdir, lakin bu gün bu, hələ də sırf fərziyyədir[28]. Yosunlardan istifadə edərək hidrogenin bioloji istehsalı bir hüceyrəli yaşıl yosunlar - xlamidomanada və ya xlorella tərəfindən qapalı fotobioreaktorda həyata keçirilən molekulyar hidrogenin sərbəst buraxılması ilə müşayiət olunan suyun bioloji parçalanması prosesidir. Biohidrogenin formalaşması üçün bu texnologiya suboptimal ətraf mühit şəraitinə cavab olaraq yosunların fotometabolizminin adaptiv keçidinə əsaslanır. Suyun biofotolizi mikrobioloji sistemlərin iştirakı ilə suyun hidrogen və oksigenə parçalanmasıdır. Fotosintez zamanı siyanobakteriyalar və yaşıl yosunlar suyu hidrogen ionlarına və elektronlara parçalayır. Elektronlar ferredoksinə, [FeFe] hidrogenaza onları hidrogen qazı yaratmaq üçün protonlara köçürür.

Chlamydomonas reinhardtii-nin II Fotosistemi birbaşa günəş radiyasında elektronların 80%-ni istehsal edir və nəticədə hidrogen qazına yol tapır. LHCBM9, işıq yığan kompleksdə işıq yığan zülal II, günəş enerjisini effektiv şəkildə dəstəkləyir. [FeFe] hidrogenaza anaerob şərait tələb edir, çünki oksigen onun fəaliyyətini bloklayır. Furre spektroskopiyası metabolik yolları öyrənmək üçün istifadə olunur. Şəkil 2.3- də proses təsvir olunmuşdur.



Şək. 2.3. Hidrogen elementi

Mənbə: [https://ru.wikipedia.org/ Биотехнологическое получение водорода](https://ru.wikipedia.org/Биотехнологическое_получение_водорода)

Yaşıl yosunlardakı xlorofil antena sistemləri işığın H_2 -yə fotobioloji çevrilməsinin effektivliyini artırmaq üçün azaldılır və ya qısaldılır. Qısaldılmış sistem işığın ayrı-ayrı hüceyrələr vasitəsilə udulmasını və israfçı şəkildə səpilməsini minimuma endirir, bu da öz növbəsində işıqdan istifadənin səmərəliliyini artırır və yaşıl yosun koloniyalarında fotosintez məhsuldarlığını artırır. Bioreaktor konstruksiyasının xüsusiyyətləri:

Proton qradiyenti toplanması ilə fotosintetik hidrogen istehsalının məhdudiyətlər Bikarbonat fotosistem II ilə əlaqəli olarsa, fotosintezin səmərəliliyi artır. İqtisadi məqsədə uyğunluq. Enerji səmərəliliyi - günəş işığının hidrogenə çevrilmə dərəcəsi - 7-10% -ə çatmalıdır (təbii şəraitdə yosunlar ən yaxşı halda 0,1% -ə çatır). Maraqlısı odur ki, onsu da kifayət qədər yüksək olan hidrogen məhsuldarlığı laboratoriya şəraitində gündüz saatlarının müddətini “tənzimləmək” və bununla da

bakteriyaların sirkadiyalı ritminə müdaxilə etməklə, həmçinin qliserin və ya digər xarici karbon əlavə etməklə daha da artırılmışdır. mühitə qaynaqlar, bakteriyaları "qidalandırmaq", yüngül pəhriz. Saatda bir milliqram xlorofil üçün qeydə alınmış 150 mikromol hidrogen məhsuldarlığı təbii siyanobakteriyalar üçün müşahidə edilən ən yüksək göstəricidir. Bu nəticələri bir az daha böyük reaktora ekstrapolyasiya etsək, məhsul 48 saat ərzində bakterial mədəniyyətin litri üçün 900 ml hidrogen olacaqdır.

Bir tərəfdən, bu çox görünür, amma tam gücü ilə işləyən bakteriyaları olan reaktorların minlərlə kvadrat kilometr ekvatorial okeana yayıldığını təsəvvür etsəniz, qazın son miqdarı heyranedicə ola bilər. Axı bakteriyalar günəşin səpələnmiş, lakin yenə də nəhəng enerjisini toplamaqda və saxlamaqda qeyri-kamil fotoselləri ilə insanlardan qat-qat üstündür! Özünü təmin edən bir ekosistem yaratmaq mümkün olarsa, bu, başqa bir "pulsuz" enerji mənbəyi olardı, hidrogenin dəyəri metanın buxar işləməsinə yaxşı başlanğıc verə bilər və neftlə rəqabət edə bilər.

III FƏSİL. GÜNƏŞ ENERJISİNDƏN HİDROGENİN ALINMASININ TEXNİKİ – İQTİSADI GÖSTƏRİCİLƏRİ

3.1. Günəş – hidrogen hibrid enerji sisteminin elementlərinin seçilməsi

Fərdi yaşayış evində olan elektrik işlədiciləri və onların anlıq enerji ehtiyacları cədvəl 3.1 –də verilmişdir.

Cədvəl 3.1. Elektrik işlədiciləri

Elektrik işlədiciləri	Güc, Vt	Sayı	Ani güc tələbatı, Vt
Televizor	60	1	60
Soyuducu	160	1	55
Kompüter	100	5	500
İşıqlandırma	25	15	375
Paltaryuyan	50	1	50
Qabyuyan	60	1	60
Fen	200	1	200
Aspirator	180	1	180
Tozsoran	300	1	300
Musiqi mərkəzi	100	1	100
Qəhvə hazırlayan	200	1	200
CƏMİ			2235

Mənbə: <https://gcris.pau.edu.tr/bitstream/11499/1319/1/Ahmet%20Y%C4%B1lanc%C4%B1.pdf>

Göründüyü kimi işlədicilərin cəm gücü 2235 Vt-dır, ona görə də bu miqdarda güc verə biləcək yanacaq elementinin seçilməsi lazımdır. Bu məqsədlə 2400 Vt-lıq 2 ədəd yanacaq elementi seçilmişdir.



Şək. 3.1. NEXA yanacaq elementi

Mənbə: https://www.researchgate.net/figure/Ballard-Nexa-1200W-PEM-fuel-cell_fig19_224343937

Yanacaq elementi sisteminin gücü müəyyən edildikdən sonra yanacaq elementinin hidrogen sərfiyyatı (3.1) düsturu ilə hesablanır:

$$q_{fc} = \frac{W_{fc}}{\eta_{fc} HHV_{H_2} \rho_{H_2}} \quad (3.1)$$

Burada q_{fc} - nominal gücdə hidrogen sərfiyyatı ($m^3/saat$),

W_{fc} - yanacaq elementinin nominal gücüdür (kVt),

η_{fc} - nominal gücdə yanacaq elementinin f.i.ə (%),

HHV_{H_2} - hidrogenin yuxarı kalorifik dəyəri (39.4 kWh/kq),

ρ_{H_2} - hidrogenin sıxlığıdır (0,0899 kq/ m^3).

İş zamanı tələb olunan hidrogen miqdarı tələb olunan hidrogenin sərfiyyatı tapıldıqdan sonra (3.2) düsturundan istifadə etməklə hesablanır.

$$Q = q_{fc} CF_{fc} \tau_{fc} \quad (3.2)$$

Burada Q hidrogen sərfiyyatıdır (m^3),

CF_{fc} yanacaq elementinin tutum əmsalındır (orta güc/nominal güc),

τ_{fc} yanacaq elementinin gündəlik iş müddətidir (saat).

İşləmə dövrü ərzində yanacaq elementinin gücü ($CF_{fc} < 1$) qədər dəyişə bilər. Yanacaq elementinin səmərəliliyi alınan gücdən asılıdır. Hidrogen istehlakının dəqiq miqdarı Güc/səmərəlilik əlaqəsini hesablamaq üçün bilinməlidir. Hidrogen saxlama həcmi isə 3.3 düsturundan tapıla bilər:

$$V = Q P_0 Z / P \quad (3.3)$$

Burada V saxlanma həcmidir (m^3);

P - saxlanma təzyiqi (bar);

P_0 - Normal atmosfer təzyiqi (1 bar)

Z - hidrogenin sıxılma qabiliyyətini göstərir.

Elektrolizator tərəfindən istehsal olunan hidrogenin miqdarı istehsal edilməli olan hidrogen miqdarı tapıldıqdan sonra onu (3.4) düsturu ilə hesabla:

$$q_{el} = \frac{Q}{CF_{el}\tau_{el}} \quad (3.4)$$

Burada q_{el} elektrolizatorun nominal hidrogen hasilatı sürətidir ($m^3/saat$), CF_{el} elektrolizator tutum əmsalı (orta güc/nominal güc), τ_{el} elektrolizatorun iş vaxtı (saat).

Elektrolizatorun tələb etdiyi güc günəş panelləri tərəfindən təmin edilməlidir. Ona görə də günəş panellərinin seçilməsi zamanı elektrolizatorun güc ehtiyacı nəzərə alınır. Elektrolizator üçün lazımlı güc:

$$W_{el} = q_{el}HHV_{H_2} \cdot \rho_{H_2} / \eta_{el} \quad (3.5)$$

Burada W_{el} elektrolizatorun nominal güc tələbidir (kVt),

η_{el} nominal gücdə elektrolizatorun f.i.ə (%) -dir.

Elektrolizatorun güc ehtiyacı 3.6 düsturu ilə hesablanır:

$$W_{el} = W_{fc} \frac{1}{\eta_{el}\eta_{fc}} \frac{CF_{fc}\tau_{fc}}{CF_{el}(24-\tau_{fc})} \quad (3.6)$$

Elektrolizator üçün tələb olunan və günəş panellərindən alınan güc 3.7 düsturu ilə hesablanıla bilər:

$$W_{PV} = W_{el}/\eta_{PC} \quad (3.7)$$

Burada η_{PC} günəş batareyası panelləri və elektrolizator arasında güc (gərginlik) çevrilmə səmərəliliyidir.

Eyni zamanda günəş panelləri gün ərzində işlədiciləri enerji ilə təmin edə bilməlidir. Bu baxımdan günəş panellərinin gücü 3.8 düsturu ilə hesablanır:

$$W_{PV} = W_{el}/\eta_{PC} + W_{yük}/\eta_{PC_2} \quad (3.8)$$

Burada η_{PC_2} günəş paneli və yük arasında enerji çevrilməsinin f.i.ə-dir.

Son olaraq məlum parametrlərdən və yuxarıdakı düsturlardan istifadə edərək sistemin elementlərinin tələb olunan qiymətləri hesablanmışdır. Həmin qiymətlər cədvəl 3.2-də göstərilir:

Cədvəl 3.2. Sistemin elementlərinin tələb olunan qiymətləri

Sistemin əsas elementlərinə olan tələblər	Ədədi qiyməti
Yanacaq elementinin gücü (kVt)	2.40
Yanacaq elementini f.i.ə-si (%)	33
Yanacaq elementi tərəfindən sərf olunan hidrogen miqdarı (m ³ /h)	2.17
Yanacaq elementinin günlük işləmə müddəti (saat)	12.00
Yanacaq elementinin tutum əmsalı	0.125
Hidrogenin saxlanması (m ³)	3.26
Yanacaq elementinin giriş təzyiqi (bar)	14.00
Saxlama çəninin həcmi (m ³)	0.23
Elektrolizatorun tutum əmsalı	0.40
Elektrolizatorun tutumu (m ³ /h)	0.68
Elektrolizatorun f.i.ə (%)	53
Elektrolizator tərəfindən istifadə olunan güc (W _{el}) (kVt)	4.29
Enerji çevirməsinin effektivliyi (%)	0.92
Fotoelektrik gücü (kVt)	4.66

Mənbə: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036031992204695X>

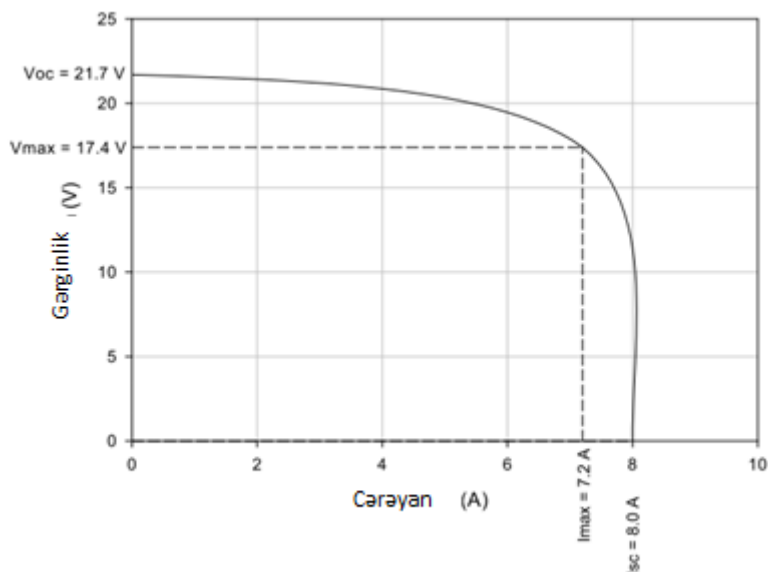
Sistemdə Kyocera KC125GHT-2 tipli günəş paneli seçilmişdir. Bu günəş panelinin xarakteristikaları aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 3.3. Kyocera KC125GHT-2 tipli günəş panelinin xarakteristikaları

Tipi	Polikristal
Maksimal güc	125 Vt (+ % 10/ - %5)
Maksimal gərginlik	17,4 V
Maksimal cərəyan	7,2 A
Yüksüz işləmə gərginliyi	21,7 V
Qısaqapanma cərəyanı	8 A
Ölçüləri	1425mmx652mmx62mm

Mənbə: https://www.pvchange.com/Solar-Modules/Kyocera/KC125-GHT-2_1-2100373

Günəş panelinin Volt-Amper xarakteristikası şəkil 3.2-də göstərildiyi kimidir. Bu xarakteristika 1000 Vt/m^2 və 25° C ətraf mühit temperaturu üçündür.



Şək.3.2. Günəş panelinin Volt-Amper xarakteristikası

Mənbə: <https://gcris.pau.edu.tr/bitstream/11499/1319/1/Ahmet%20Y%C4%B1lanc%C4%B1.pdf>

Günəş izləyiciləri

İstənilən növ günəş elektrik stansiyalarının səmərəliliyi birbaşa panellərin səthlərinin və ya əks etdirən güzgülərin günəşə istiqamətlənməsindən asılıdır. Xüsusi konstruksiyalar vasitəsilə günəşə nisbətən onların optimal mövqeyini təmin etməyə kömək edir. Fırlanan cihazın sərbəstlik dərəcəsi nə qədər çox olarsa və onun avtomatlaşdırılması səviyyəsi nə qədər yüksək olarsa, stansiyanın işi bir o qədər məhsuldar olacaqdır[24].

Mexanizmin texnoloji imkanlarından asılı olaraq, günəş panelləri üçün izləyici işləyən səthlərin ideal 90° -ə son dərəcə yaxın günəşə doğru yönəldilməsini təmin edir. Bütçə modellərində meyl bucağında dövri dəyişikliklər əl ilə edilməlidir. Premium sinif cihazları oriyentasiyanı avtomatik olaraq real vaxt rejimində dəyişir. Şəkil 3.3-də günəş izləyicisinin təsviri verilmişdir.



Şək.3.3. Günəş izləyicisi

Mənbə: <https://www.directindustry.com.ru/prod/sunpower-corporation/product-54792-711713.html>

Günəş panelləri üçün standart izləyiciyə aşağıdakı komponentlər daxildir:

1. **Dönmə mexanizmi.** O, davamlı dayaq üzərində fırlanan mexanizm kimi nəzərdə tutulmuşdur. Fırlanma üfqi və şaquli müstəvilərdə həyata keçirilə bilər.

2. **Yerləşdirmə cihazı.** Texniki sənədlərdə aktuator kimi təyin edilmiş hərəkət edən mexanizmlərə nəzarət etmək üçün cavabdehdir.

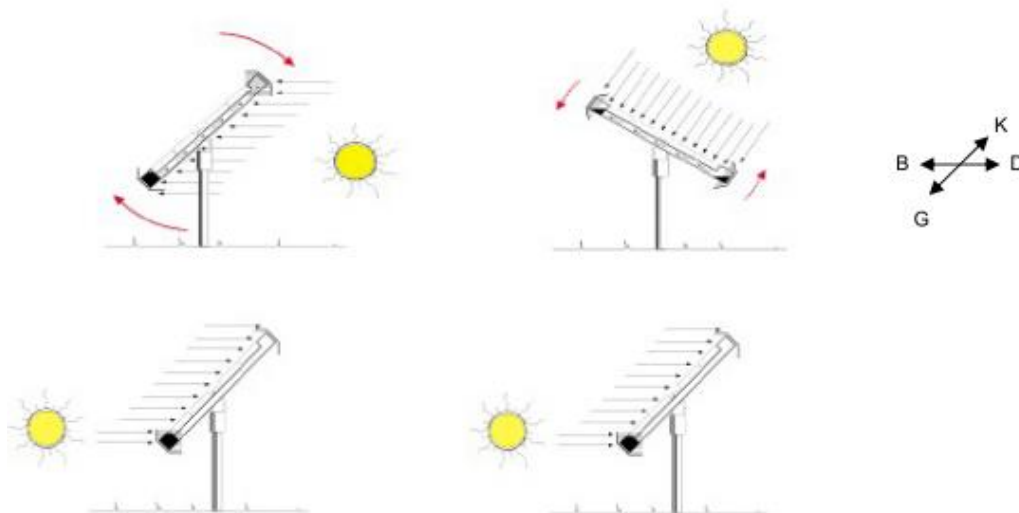
3. **Təhlükəsizliyə nəzarət bloku.** Kompleksin elektron hissəsi. Sistemi həddindən artıq yüklənmədən, gərginlik artımından, ildırım vurmasından və s.-dən qoruyur. Elit sinif modelləri güclü külək, qar və leysan başlayanda modulları təhlükəsiz vəziyyətə çevirmək əmrini verən daxili miniatür meteoroloji stansiya ilə təchiz olunub.

4. **İdarəetmə sistemləri bloku.** Müvafiq proqram təminatının quraşdırıldığı istənilən elektron qacətdən sistemi uzaqdan idarə etmək imkanı verir.

5. **Naviqasiya sistemi.** Adətən mobil, mobil platformalardakı izləyicilərdə mövcuddur. Quruluşun yeni yeri - enlik və uzunluq coğrafi parametrləri haqqında məlumatların dəyişdirilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

6. **İnvertor.** Bir çevirici funksiyasını yerinə yetirir, o cümlədən izləyicinin elektrik mühərriklərinə 220V güc verir.

Sistemdə Zomeworks firması tərəfindən istehsal olunan iki günəş izləyicisi (model UTRF-120) seçilmişdir. Bu günəş izləyicilərinin hərəkəti şəkil 3.4-də göstərilmişdir.



Şək. 3.4. UTRF-120 modeli günəş izləyicilərinin hərəkəti

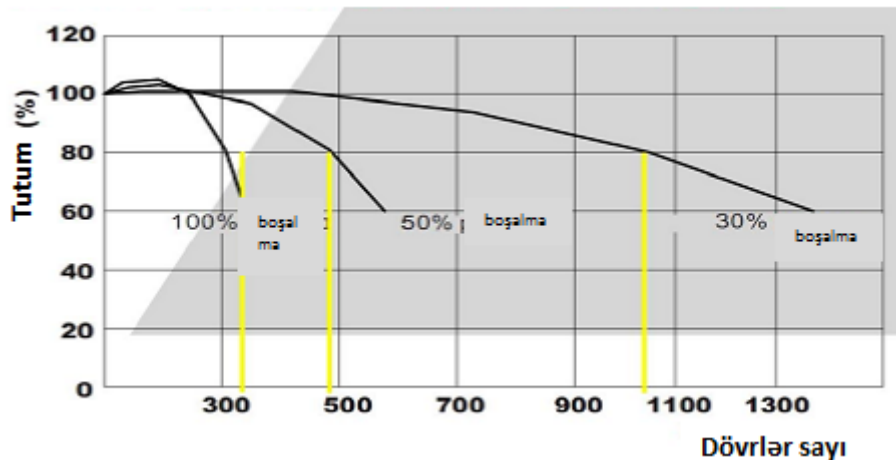
Mənbə: <https://gcris.pau.edu.tr/bitstream/11499/1319/1/Ahmet%20Y%C4%B1lanc%C4%B1.pdf>

Akkumulyator batareyaları

Akkumulyator batareyaları elektrik enerjisini saxlamaq və toplamaq üçün nəzərdə tutulmuş birbaşa cərəyan mənbəyidir. Müasir akkumulyator modellərinin əksəriyyəti kimyəvi enerjinin elektrik enerjisinə tsiklik çevrilməsi prinsipi əsasında işləyir ki, bu da təkrar doldurulması və boşaldılmasına imkan verir. Hal-hazırda bu cür cihazlar bir çox elektrik cihazlarında istifadə olunur. Akkumulyator batareyaları (AB) - daha sadə və iqtisadi cəhətdən sərfəli enerji saxlama cihazları hesab olunur. Əməliyyat zamanı AB səssizdir və ətraf mühitin çirklənməsi mənbəyi deyil. Akkumulyator batareyalarının sayını artırmaqla onlarda yığılan enerjinin miqdarını artırmaq olar. Onların nisbətən kiçik ölçüləri bu onları çətinlik çəkmədən, demək olar ki, hər yerdə quraşdırmağa imkan verir (Иванчура В.И., Чубарь А.В., Пост С.С., 2012).

Lakin AB-lərin çatışmazlıqları vardır ki, bunlardan biri də boşalmanın dərinliyindən asılı olan həyat dövrüdür. Boşalma nə qədər dərin olarsa, batareyanın ömrü də bir o qədər qısa olur və batareyanın içərisindəki normadan kənara çıxmış

temperatur xidmət müddətinin azalmasına səbəb olacaq. Batareyanın xidmət müddəti nümunəsi (Delta GS12-180) Şəkil 3.5-də verilmişdir .



Şək.3.5. Boşalmanın dərinliyindən asılı olaraq batareyanın xidmət müddəti (Delta GS12-180)

Mənbə: <http://ust.su/solar/media/section-inner2/629/>

Cədvəl 3.4-də Akkumulyator batareyalarının əsas xarakteristikaları verilmişdir.

Cədvəl 3.4. Akkumulyatorların əsas xarakteristikaları

Akkumulyatorun tipi	f.i.ə (%)	Müəyyən boşalmaya qədər dövrlərin sayı (%)	İşçi temperatur (° C)	Xüsusi enerji (Vt·saat/kq)	Öz-özünə boşalma (%/ay)
Qurğuşun-turşu (az xidmət olunan)	72-78	1000-2000 (70 %)	-5÷40	25	2-5
Qurğuşun-turşu (klapanlı tənzimlənən)	72-78	200-300 (80%)	-5÷40	30-50	2-5
Nikel-kadmium(Ni-Cd)	72-78	3000 (100 %)	-40÷50	40-80	5-20
Natrium-sulfid (NaS)	89	2500 (100 %)	300÷350	100	0
Litium-ion	100	3000 (80 %)	-30÷60	90-190	1
Vanadium redox (VRB) vanadium redoks	85	10000 (75 %)	0÷40	30-50	əhəmiyyətsiz sayda
Sink-brom AB	75	3500 (100 %)	0÷40	70	əhəmiyyətsiz sayda
Metal-hava	50	<100	-20÷50	450-650	əhəmiyyətsiz sayda

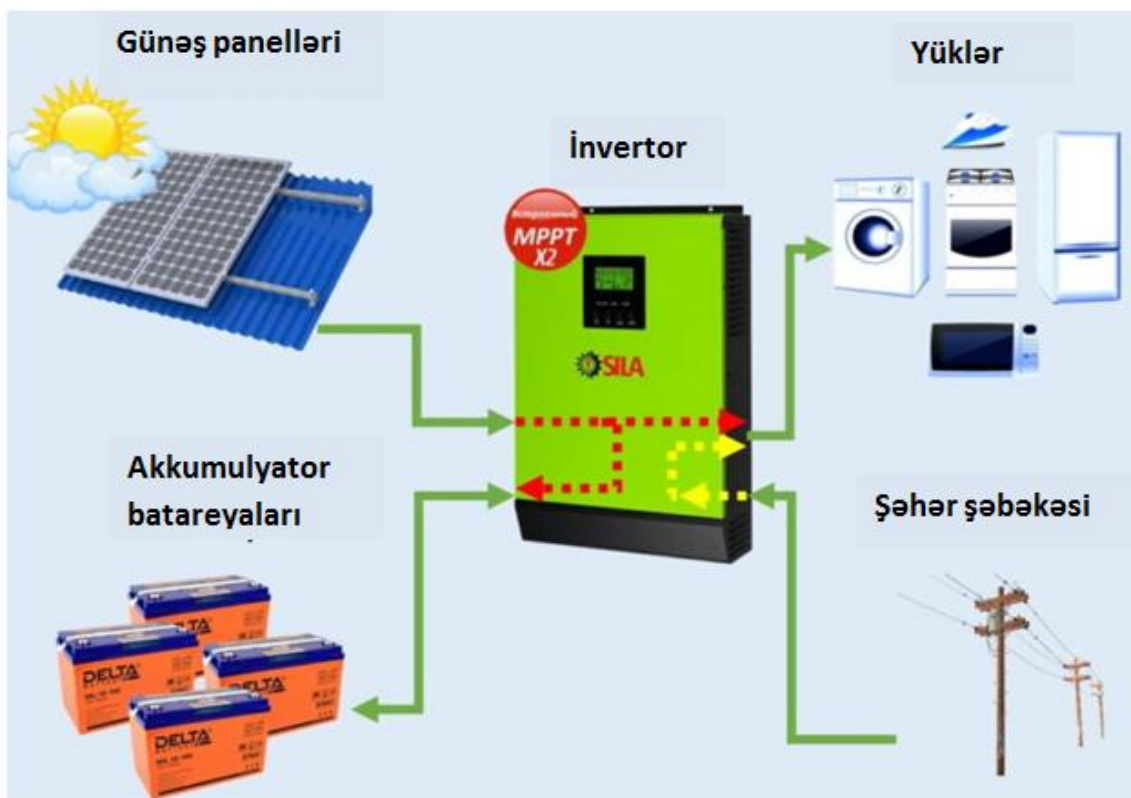
Mənbə: <http://ust.su/solar/media/section-inner2/629/>

Cədvəldəki məlumatlara əsaslanaraq, sadalanan akkumulyatorlar içərisində Avtonom enerji təchizatı sistemlərində istifadə üçün ən perspektivli akkumulyatorlar qurğuşun-turşu akkumulyatorları olduğunu deyə bilərik. Bu, ilk növbədə, iqtisadi mülahizələrlə izah olunur, çünki onların qiyməti bu gün litium-ion batareyalarının qiymətindən 14 dəfə, nikel-kadmium batareyalarının qiymətindən isə 4 dəfə aşağıdır.

Sistemdə quru tip baxımsız Qurğuşun-turşu akkumulyatorları seçilmişdir. Seçilən akkumulyatorların xarakteristikaları: 12V; 150 Ah; 16 ədəd.

İnvertorlar

İnvertor- günəş batareyaları tərəfində istehsal olunan sabit cərəyanı işlədicilərin qidalandırılması üçün lazım olan dəyişən cərəyana çevirən bir cihazdır. İnvertor günəş elektrik stansiyası ilə məişət şəbəkəsi arasında çevirici rolunu oynayır. Şəkil 3.6-da Günəş invertorunun təsviri verilmişdir.



Şək. 3.6. Günəş invertoru

Mənbə: <https://reenergo.ru/blog/otliche-gibridnyh-solnechnyh-invertorov-sila-pro-5000m-i-sila-pro-5000ml/>

Günəş inverterunun tərkibinə aşağıdakı elementlər daxildir[32]:

- aşağı tezlikli adapter (diodlar, düzləndirici),
- varikap (keçiriciliyi 4 mikrofaraddan çox olan triodlarla işləyən yarımkeçirici cihaz),
- dinistorlar (həssaslığı təmin etmək üçün zəruridir).

Yarımkeçirici çevirici rolunu tranzistorlar yerinə yetirir. Gücü 5 kVt-a qədər olan sistemlərdə MOSFET tranzistorları, daha yüksək gücə malik sistemlərdə isə IGBT-lər - izolyasiya edilmiş rəzəli bipolyar tranzistorlar istifadə olunur.

Günəş inverterlarının konstruksiyası haqqında danışarkən, onu da qeyd etmək lazımdır ki, onların hibrid növlərinin konstruksiyasına tez-tez bir mikro nəzarətçidən istifadə edərək gərginliyə nəzarət edən və şəhərdə elektrik kəsilməsi halında akkumulyatorların enerji verməsi üçün signal göndərən bir UPS daxildir.

İnverorların seçilməsi zamanı aşağıdakıları nəzərə almaq lazımdır:

Nominal güc, inverterun 220 V gərdinlikdə verə biləcəyi güc. Aşağı güclü istehlakçılar üçün (televizor, noutbuk, işıqlandırma) 300 Vt gücündə inverter uyğun gəlir. Soyuducu və s. kimi işlədicilər üçün isə 1500 Vt və ya daha çox gücü olan inverterlar seçilir. Əvvəlcədən qoşula biləcək yük planlaşdırılmalıdır.

Nominal gərginlik. Akkumulyator batareyaları ilə işləyən inverterlar giriş gərginliyi ilə fərqlənir. Ən məşhur modellər 12 V, 24 V, 48 V batareyaya gərginliklərində işləyir. Xüsusi təyinatlı çeviricilər 75 V, 110 V gərginliklərdə işləyir (seriyalı qoşulmuş batareyaların uzun zəncirini tələb edən dəmir yolu versiyaları).

Təyinatlarından asılı olaraq inverterların 3 növü mövcuddur:

- Avtonom - Avtonom çeviricilər sadəcə olaraq akkumulyatordan gələn sabitgərginliyini 220 V-a çevirir. İnverter, giriş gərginliyinə uyğun olaraq sıxaclarla batareyaya qoşulur. Avtonom çeviricilərin gücü 150 ilə 6000 Vt arasında dəyişir.
- Şəbəkə - ümumi enerji təchizatı sistemi ilə sinxron işlyirlər. Onlar daha geniş funksionallıqla təchiz edilmişdir. Şəbəkə inverterları günəş panellərindən alınan enerjiden səmərəli istifadə etdikləri üçün 90%-dən çox f.i.ə malikdirlər.

- Hibrid – çoxfunksiyalı inverterlardır. Bu cihazlar avtonom və şəbəkə çeviricilərinin funksiyaları ilə təchiz edilmişdir. Beləliklə, bu tip cihazlar günəş enerjisini həm batareyaları doldurmaq, həm də ümumi şəbəkəyə göndərmək üçün çevirə bilir.

Seçilən inverterlərin xarakteristikaları aşağıdakı cədvəl 3.5-də verilmişdir.

Cədvəl 3.5. İnvertorun xarakteristikaları

İnvertor	<ul style="list-style-type: none"> - 2 ədəd - Günəş panelləri tərəfdəki inverter: 52 VDC, 5 kVt - Yanacaq elementlərinə aid inverter: 52 VDC, 2.5 kVt - Sinus tipli
----------	---

Mənbə: <https://auto-future.land/likbez-po-gibridnym-solnechnym-invertoram/>

Kontroller

Kontroller hər hansı bir günəş elektrik stansiyasının ayrılmaz hissəsidir. O, panel və batareya arasında əlaqə rolunu oynayır. Sadə sözlə, batareyanı düzgün cərəyan və gərginliklə doldurur. O, həmçinin həddindən artıq şarj ediləmənin qarşısını almağa kömək edir. Şəkil 3.7-də şarj tənzimləyicisinin təsviri verilmişdir.



Şək. 3.7. Kontroller

Mənbə: <https://soncedim.com.ua/ru/blog/dlia-chogo-potriben-kontroler-zariadu>

Kontrollerin aşağıdakı növləri mövcuddur:

- 1) sadə ON / OFF alqoritmlı;
- 2) PWM – eninə impuls modulyasiyasılı;
- 3) MPPT maksimum güc nöqtələrini izləyən bir cihazdır;
- 4) hibrid.

ON/OFF alqoritmlı şarj tənzimləyicisi ən sadəsidir. Aşırı istiləşmənin qarşısını almaq üçün cərəyan maksimum olduqda şarjı söndürür. Mənfi cəhəti odur ki, batareya heç vaxt 100% doldurulmur və bu, onun xidmət müddətini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər(Охоткин Г.П.,2013).

PWM günəş şarj tənzimləyicisi göstərici maksimuma çatdıqda cərəyanı azaldır. Bunlar ən çox günəşin ən aktiv olduğu bölgələrdə istifadə olunur.

Günəş panelləri üçün MPPT şarj tənzimləyicisi ən populyardır. Onun işləmə prinsipi belədir: maksimum gərginliyi optimal olana çevirmək. Bunun sayəsində yüz faizə qədər şarj etmək mümkündür.

MPPT sistem göstəricilərini təhlil edir və onların əsasında hansı avadanlıq parametrlərinin maksimum gücə nail olacağını müəyyənləşdirir. PWM ilə müqayisədə işin effektivliyi 30%-ə qədər artır.

Hibrid - külək generatorları və fotoelementlər ehtiva edən günəş sistemləri üçün istifadə olunur. Bunun əsas funksiyası artıq enerjinin qarşısını almaqdır.

Şarj tənzimləyicisinin seçilməsi zamanı nəzərə alınmalı olan parametrlər aşağıdakılardır:

- 1) Giriş gərginliyi. İş rejimində bütün qoşulmuş cihazların gərginliyindən 20% çox olmalıdır;
- 2) Cəm güc - batareya tamamilə boşaldıqda çıxış gərginliyindən və cərəyandan yüksək olmamalıdır;
- 3) Mühafizə imkanları - həddindən artıq istiləşmə, qısa qapanma, həddindən artıq yükləmə və s.

Sistemdə 45 A-lik 6 ədəd şarj tənzimləyicisi seçilmişdir.

Elektrolizator

Elektrolizator - elektroliz üçün , yəni xarici mənbədən sabit cərəyan verməklə elektrokimyəvi proseslərin həyata keçirilməsi üçün cihazdır. Elektrolizator korpusdan (vanna), bəzən diafraqma ilə ayrılan və elektrolitlə doldurulmuş iki və ya daha çox elektroddan (katod və anod) ibarətdir. Elektrik dövrəsinə qoşulma üsuluna görə, elektrolizator mono- və bipolyar olmaqla iki növə bölünür (Doğu İ., 2014). Monopolyar elektrolizator eyni qütblü elektrodları olan bir elektrolitik hüceyrədən ibarətdir və hər biri cərəyan dövrəsinə paralel birləşdirilmiş bir neçə elementdən ibarət ola bilər. Bipolyar elektrolizatorada cərəyan dövrəsinə ardıcıl olaraq qoşulmuş çoxlu sayda hüceyrə (100-160-a qədər) vardır və hər bir elektrod, iki xarici elektrod istisna olmaqla, bir tərəfli, biri katod, digəri isə anod kimi işləyir. Anodların istehsalı üçün qrafit, karbon-qrafit materialları, Pb və s. istifadə olunur. Elektrolizatorların əksəriyyətində katod üçün poladdan istifadə olunur.

Cədvəl 3.6-da hidrogenin istehsalı üçün elektrolizator texnologiyalarının istifadəsi göstərilmişdir.

Cədvəl 3.6. Elektrolizatorun növləri və əsas xarakteristikaları

Elektrolizatorun tipi	Enerji xərcləri, $H_2m^3/kVt \cdot saat$	Temperatur, K	İstehsal qabiliyyəti, $H_2m^3/saat$	Təzyiq, MPa	F.İ.Ə, %
az turşulu	4,5-5,5	320-370	500-ə qədər	0,1-5	50-70
bərk polimer elektrolitli	3.5-4.5	350-370	100-ə qədər	0,1-15	80-90
bərk oksid elektrolitli	2.5-4	1070-1270	-	0,1-3	≥ 85

Mənbə: <https://studfile.net/preview/7512285/page:4/>

Elektrolizatorada, qarışdırıcılarda və ya elektrolit axınında kütlə və istilik köçürmə proseslərini tənzimləmək üçün quraşdırılmış və ya uzaqdan istilik dəyişdiriciləri istifadə olunur. Elektrolizatorun mühüm xüsusiyyətlərindən biri onun dissipasiya qabiliyyətidir ki, bu da elektrolizatorun dizaynından və elektrolitin tərkibindən asılıdır. Müasir böyük elektrolizatorlar yüksək yükə malikdir: monopolyar üçün 400-500 kA-a qədər, bipolyar üçün 1600 kA-a bərabərdir. Seçilən elektrolizatorun xarakteristikaları cədvəl 3.7 – də göstərilmişdir.

Cədvəl 3.7 Elektrolizatorun xarakteristikaları

Elektrolizator	<ul style="list-style-type: none"> - PEM tipli - Su ehtiyacı: 0.47 l/h; 1.5-4 barg; ASTM Type I-II - H₂ istehsalı: 0.53 Nm³/h, %99.9995 saflıqmda. - Enerji sərfiyyatı: 6,7 kVt/Nm³. - Proton Energy Systems Inc., (HOGEN S20).
----------------	---

Mənbə: https://archive-resources.coleparmer.com/Manual_pdfs/86443_02_Part_1.pdf

Deionizator

Su deionizatoru çox mərhələli mayenin təmizlənməsi üçün cihazdır - müxtəlif filtrlərdən istifadə edərək və əks osmos vasitəsilə üzvi çirkələri və yüklü hissəcikləri ondan təmizləyir. Deionizasiya üçün distillə edilmiş su istifadə olunur.



Şək.3.8. Su deionizatoru

Mənbə: <https://nillicom.by/vodopodgotovka/deionizatory/deionizator-vody-dv-10>

Deionizatorunu seçilməsi zamanı aşağıdakı amilləri nəzərə almaq lazımdır:

- Keyfiyyət və ya təmizlənmə dərəcəsi.
- İstifadə məqsədi - hidrogen / oksigen generatorları, elektroforez üçün su istehsalı üçün nəzərdə tutulmuş modellər var.
- Axının dövrə vurma imkanı - təmizləmə nəticəsi qənaətbəxş deyilsə, su ikinci və sonrakı distillə dövrlərinə göndərilə bilər.

- Qurğunu istehsal qabiliyyəti.
- Bakın tuta biləcəyindən daha çox təmizləmək lazımdırsa, maye əlavə etmək imkanı.
- Filtrlərin resursu - təmizlənmənin qiymətinə təsir göstərir.

Su deionizatorları istehsalatda (elektrolitlər), tibbdə, laboratoriya analizində və qida sənayesində istifadə olunur.

Seçilən deionizatorun xarakteristikaları cədvəl 3.8 – də göstərilmişdir.

Cədvəl 3.8. Deionizatorun xarakteristikaları

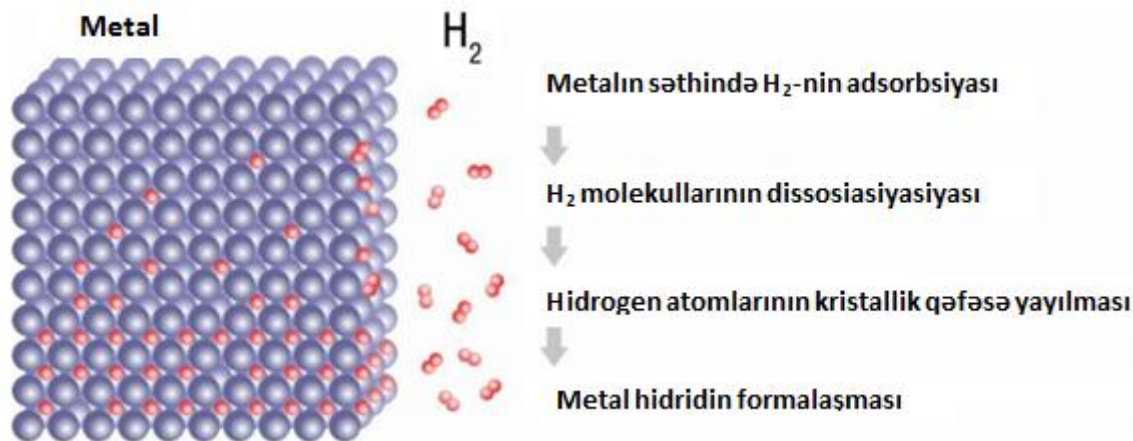
Deionizator	<ul style="list-style-type: none"> - Su istehsalı: max. 1.2 l/dq - ASTM Type I water - Easypure II, Line Feed.
-------------	---

Mənbə: <https://www.barnsteadwater.com/specsheet.asp?catalogid=5168&title=D7381+Barnstead+EASYpure+II+100-240V+LF>

Metal hidrid hidrogen saxlama çənləri

Metal hidrid saxlama çənləri yüksək təmizlikli hidrogeni aşağı təzyiqdə (1 ilə 40 bar), çox yüksək sıxlıqda (700 barda hidrogen üçün 39 kq/m^3 ilə müqayisədə 150 kq/m^3 -ə qədər) təhlükəsiz saxlamağa imkan verir (Алексева О.К., Козлов С.И., Самсонов Р.О., Фатеев В.Н., 2009).

Hidrogen qazı bir çox metallar (Mg) və ya metal ərintiləri (FeTi, TiMn₂, LaNi₅, Mg₂Ni) ilə kimyəvi reaksiyaya girərək bərk birləşmələr əmələ gətirir. Bu reaksiya geri dönəndir, bu da metal hidrid saxlama cihazlarının yükləmə və boşaltma dövrlərini həyata keçirməyə imkan verir. Hidrogen qazının metal hidridi əmələ gətirmək üçün bağlanması istiliyin ayrılması (ekzotermik proses) ilə müşayiət olunur və bir qayda olaraq ətraf mühitin temperaturu və təzyiqində baş verir. Metal səthində adsorbsiyadan sonra hidrogen dissosiasiya olunur və metal kristal qəfəsə yayılır. Bəzi nöqtələrdə yerli doyma meydana gəlir ki, bu da metal hidrid fazasının nüvələşməsinə və böyüməsinə səbəb olur. Metal hidridin əmələ gəlməsi prosesi şəkildə sxematik şəkildə göstərilmişdir.



Şək.3.9. Metal hidridin əmələ gəlmə prosesi

Mənbə: <https://www.massflow.ru/solutions/tehnologiya-hraneniya-vodoroda-v-metallogidridnyh-nakopitelyah/>

Metal hidriddən hidrogen qazının buraxılması ilə müşayiət olunan tərs proses (dehidrogenləşmə) kifayət qədər miqdarda istilik (endotermik proses) verilməsini tələb edir. Bu, yanacaq elementləri kontekstində vacibdir, çünki onlar elektrik enerjisinə əlavə olaraq, hidrogeni metal hidrid saxlama cihazlarından ayırmaq üçün istifadə edilə bilən istilik istehsal edirlər[29]. Nəticədə, yanacaq elementlərinin soyudulması xərcləri azalır və bütün sistemin enerji səmərəliliyi artır.

Metal hidrid saxlama qurğusunun yüklənməsi və boşaldılması prosesi aşağıdakı kimi həyata keçirilir. Hidrogen qazı boşaldılmış saxlama çəninə nisbətən aşağı temperaturda və təzyiqdə verilir. Hidrogen saxlama çəninin içərisində metal/aşınma ilə reaksiyaya girərək metal hidrid əmələ gətirir. Bu anda yükləmə prosesi tamamlanır, çən hermetikləşdirilir və istifadə olunana qədər saxlanılır. Hidrogenin boşaldılmasına başlamaq üçün saxlama çəninin temperaturu yüksəldilməlidir. Nəticədə içəridə yüksək təzyiqdə (30 bar və yuxarı) hidrogen qazı əmələ gəlir. Qazın yanacaq elementinə axmağa başlaması üçün saxlama anbarının bağlama ventilini açmaq kifayətdir (Kelouwani S., Agbossou K., Chahine R.,2005).

Cədvəl 3.9-da sənayədə istifadə üçün daha yüksək potensial marağa malik hidridlərdə hidrogenin saxlanması göstərilmişdir.

Cədvəl 3.9. Hidridlərdə hidrogenin tərkibi

Sistem	Molekulyar çəki	Hidriddə H ₂ -nin miqdarı, q/kq
LaNi ₅ ·3H ₂	440	13,4
CuH	65	15,4
CbH	60	16,7
FeTiH ₂	106	18,9
NbH ₂	95	26,2
VH ₂	53	37,8
CrH ₃	55	54,5
MgH ₂	26	77,0
Lih	8	125,0

Mənbə: <https://metallurgist.pro/poluchenie-vodoroda/>

Sistemdə OVONIC 85G250B tipli 6 ədəd daşınabilən hidrogen saxlama çəni seçilmişdir. Bu çənlərin xarakteristikaları cədvəl 3.10-da verilmişdir.

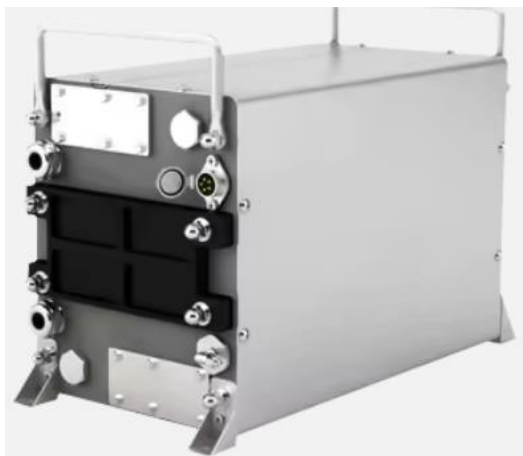
Cədvəl 3.10. Metal hidrid hidrogen saxlama çənlərinin xarakteristikaları

Metal hidrid hidrogen saxlama çəni	<ul style="list-style-type: none"> - 17 bar təzyiqə qədər H₂ saxlama - H₂ tutumu 80 q, standart litr 900 - 0-75 °C iş temperaturu - (-29)-(+54) °C saxlama temperaturu.
------------------------------------	---

Mənbə: <https://www.hystorsys.no/mh-storage/>

Yanacaq elementləri

Hidrogen yanacaq elementi hidrogen və oksigen qazını elektrokimyəvi reaksiya vasitəsilə elektrik enerjisinə, istiliyə və suya çevirən bir cihazdır. Yanacaq elementi kimyəvi reaksiya nəticəsində sabit cərəyan istehsal etdiyi üçün batareyaya bənzəyir. Yanacaq elementi anod, katod və elektrolitdən ibarətdir. Bununla belə, batareyalardan fərqli olaraq, yanacaq elementləri elektrik enerjisini saxlaya bilmir və boşalmır və ya doldurulması üçün enerji tələb etmir. Yanacaq elementləri/hüceyrələri yanacaq və hava ehtiyatına malik olduqları müddətdə davamlı olaraq elektrik enerjisi istehsal edə bilirlər. Şəkil 3.10-da hidrogen yanacaq elementi göstərilmişdir (Лебедева М.В., Яштулов Н.А.,2020).

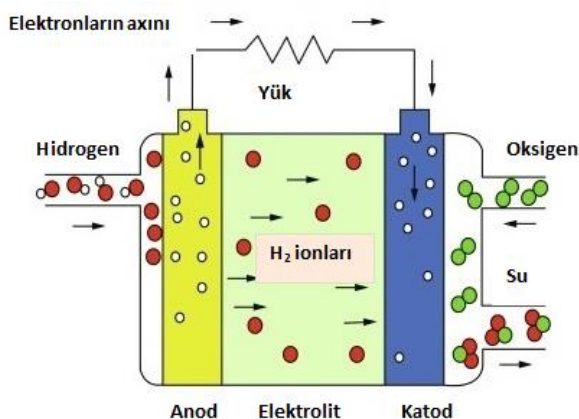


Şək. 3.10. Hidrogen yanacaq elementi

Mənbə: <https://russian.alibaba.com/product-detail/2-kw-hydrogen-fuel-cell-hydrogen-1600196129391.html>

Hidrogen yanacaq elementinin iş prinsipi aşağıdakı kimidir: Anod və katod protonları keçirən bir elektrolitlə ayrılır. Hidrogen anoda, oksigen isə katoda daxil olduqdan sonra kimyəvi reaksiya başlayır, nəticədə elektrik cərəyanı, istilik və su əmələ gəlir. Anod katalizatorunda molekulyar hidrogen dissosiasiya edir və elektronlarını itirir. Hidrogen ionları (protonlar) elektrolit vasitəsilə katoda, elektronlar isə elektrolitdən keçərək xarici elektrik dövrəsindən keçərək avadanlığı qidalandırmaq üçün istifadə edilə bilən sabit cərəyan yaradır. Katod katalizatorunda oksigen molekulu bir elektronla (xarici rabitədən təmin olunur) və daxil olan protonla birləşir və yeganə reaksiya məhsulu olan suyu əmələ gətirir[30].

Hidrogen yanacaq elementinin iş prinsipi şəkil 3.11-də göstərilmişdir.



Şək. 3.11. Hidrogen yanacaq elementinin iş prinsipi

Mənbə: <https://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/2633-kakie-byvayut-toplivnye-elementy.html>

Digər enerji generatorlarından, məsələn, qaz, kömür, mazut və s. ilə işləyən daxili yanma mühərrikləri və ya turbinlərdən fərqli olaraq, yanacaq elementləri/hüceyrələri yanacaq yandırmır. Bu, səs-küylü yüksək təzyiqli rotorların, vibrasiyanın olmaması deməkdir. Yanacaq elementləri səsiz elektrokimyəvi reaksiya vasitəsilə elektrik enerjisi istehsal edir. Yanacaq elementlərinin başqa bir xüsusiyyəti yanacağın kimyəvi enerjisini birbaşa elektrik, istilik və suya çevirmələridir.

Yanacaq hüceyrələri yüksək səmərəlidir və karbon qazı, metan və azot oksidi kimi böyük miqdarda istixana qazları istehsal etmir. Əməliyyat zamanı yeganə emissiya məhsulları buxar şəklində su və az miqdarda karbon dioksiddir, təmiz hidrogen yanacaq kimi istifadə edilərsə, ümumiyyətlə buraxılmır.

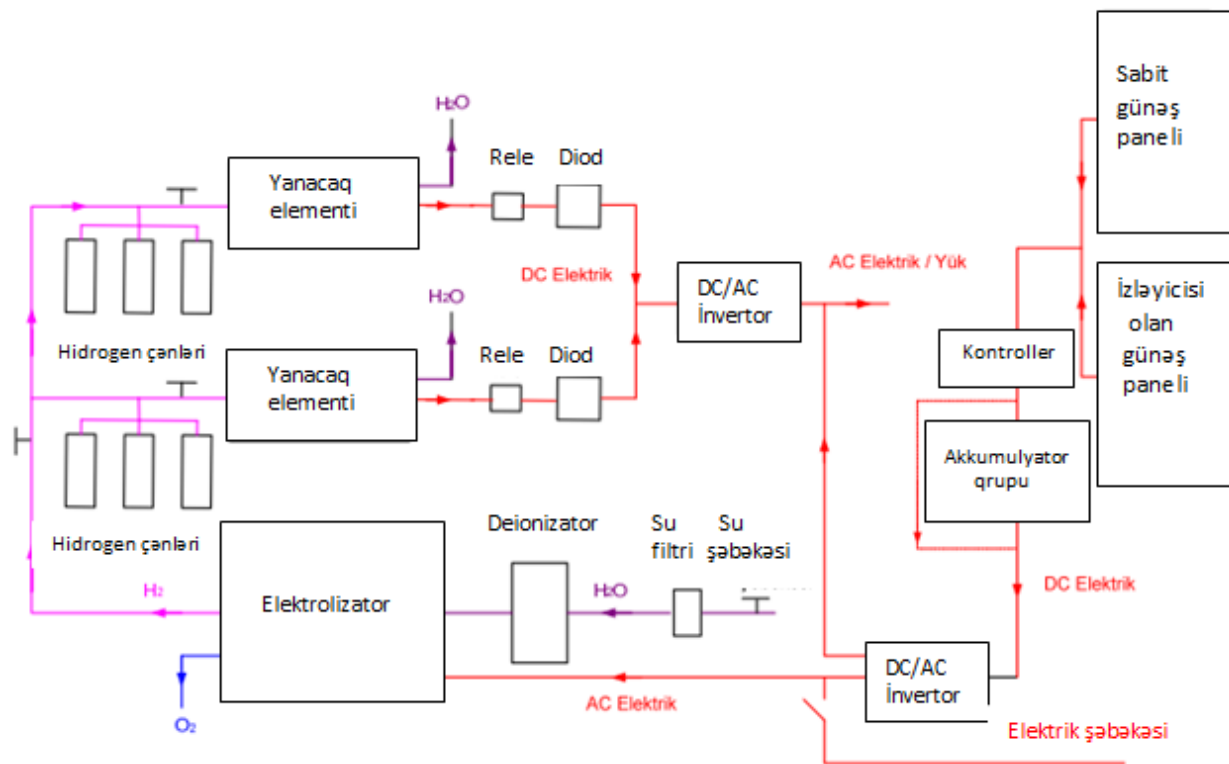
Nexa yanacaq elementi seçilmişdir (NEXA 2003), əsas xarakteristikaları cədvəl 3.11-də verilmişdir.

Cədvəl 3.11. Yanacaq elementinin (NEXA 2003) əsas xarakteristikaları

Performansı	<ul style="list-style-type: none"> – Max. Net Enerji istehsalı: 1200 Vt – Ümumi istilik istehsalı: 1600 Vt (maks. xalis güc istehsalında) – Cərəyan: 46 ADC (maks. xalis enerji istehsalında) – Gərginlik: 26 VDC (maks. xalis enerji istehsalında) - Ömür: 1500 saat
Yanacaq	<ul style="list-style-type: none"> – Hidrogen qazı: 99,99%, quru – Təzyiq: 7 - 17,2 bar
İşləmə şəraiti	<ul style="list-style-type: none"> – Ətraf mühitin temperaturu: 3 - 40°C – Nisbi rütubət: 0 - 95%
Emissiyalar	<ul style="list-style-type: none"> – Saf Su (buxar və maye faza): Max. 870 ml/saat (maks. xalis güc istehsalında) – CO, CO₂, NO_x, SO₂ : 0 ppm – Səs-küy: 72 dBA @ 1 m
Fiziki əlamətlər	<ul style="list-style-type: none"> – Ölçülər: 56 sm x 25 sm x 33 sm – Çəki: 13 kq

Mənbə: https://www.researchgate.net/figure/Characteristic-of-Ballard-Nexa-12-kW-commercial-fuel-cell-19_tbl1_367190344

Günəş- hidrogen hibrid enerji sisteminin sxematik təsviri şəkil 3.12-də verilmişdir.



Şək.3.12. Günəş- hidrogen hibrid enerji təchizat sistemi

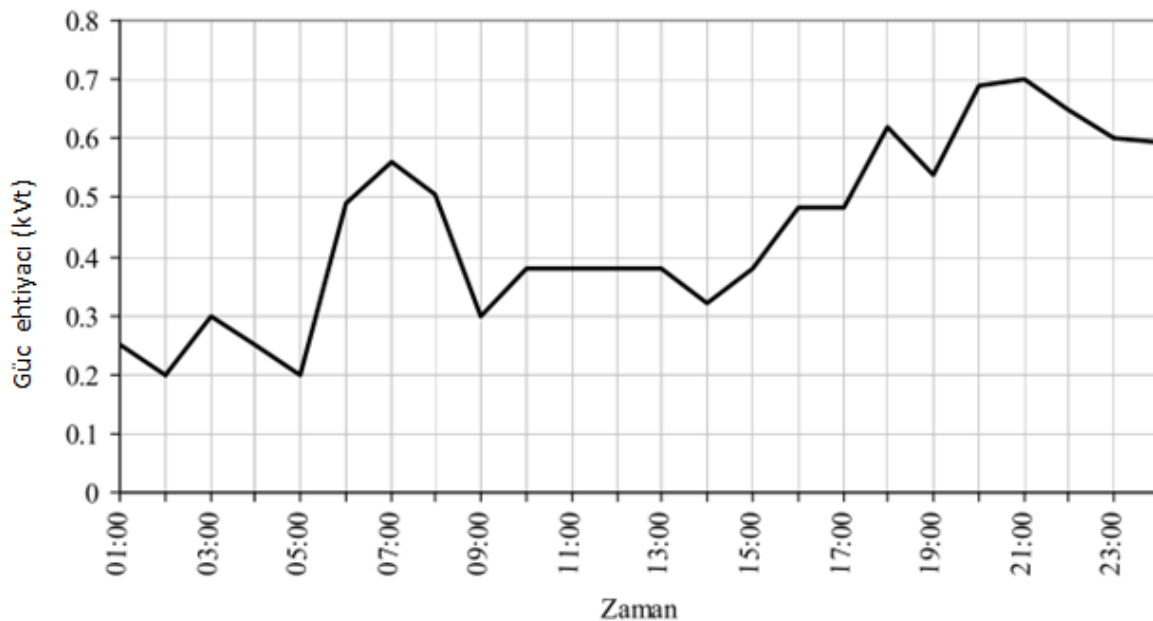
Mənbə: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360128508000439>

Günəş panelləri tərəfindən isehsal edilən elektrik enerjisi ilk olaraq şarj tənzimləyicilərinə verilir. Şarj tənzimləyiciləri elektrik enerjisinə nəzarət edir, yəni akumulyatorların həddindən artıq şarj edilməsinin qarşısını alır, akumulyatorlar tam dolduqdan sonra onlara enerji verilməsinə dayandırır. Eyni zamanda şarj tənzimləyicisi özü-özünü şarj etmək funksiyasına malikdir (Ganguly A, Misra D, Ghosh S.,2010). Daha sonra inverter vasitəsilə sabit cərəyan dəyişənə çevrilərək tələbatçılara ötürülür. Əgər işlədicilər tərəfindən tələb olunan elektrik enerjisinin qiyməti günəş panellərindən alınan elektrik enerjisinin qiymətindən azdırsa, elektrik enerjisi ya saxlanması üçün akumulyatora, ya da ki hidrogen alınması üçün elektrolizator qurğusuna verilir. Akumulyator da saxlanılan elektrik enerjisi DC/AC inverterunda çevrilərək dəyişən cərəyanla işləyən elektrolizatora verilir. Eyni zamanda sistemdə deionizator qurğusu da nəzərdə tutulmuşdur ki, həmin qurğu elektrolizatoru təmiz su ilə təmin edir. Elektrolizator da alınan hidrogen metal-hidrid hidrogen saxlama çəninə verilir. Elektrolizator da əmələ gələn oksigen isə atmosfərə buraxılır. Elektrik enerjisinə ehtiyac olduğu zaman çənlərdə saxlanılan hidrogen yanacaq

elementlərinə verilir. Yanacaq elementlərində elektrokimyəvi reaksiyalar nəticəsində alınan sabit cərəyan inverter vasitəsi ilə çevrilərək elektrik işlədicilərinə ötürülür.

Sistemin analizi

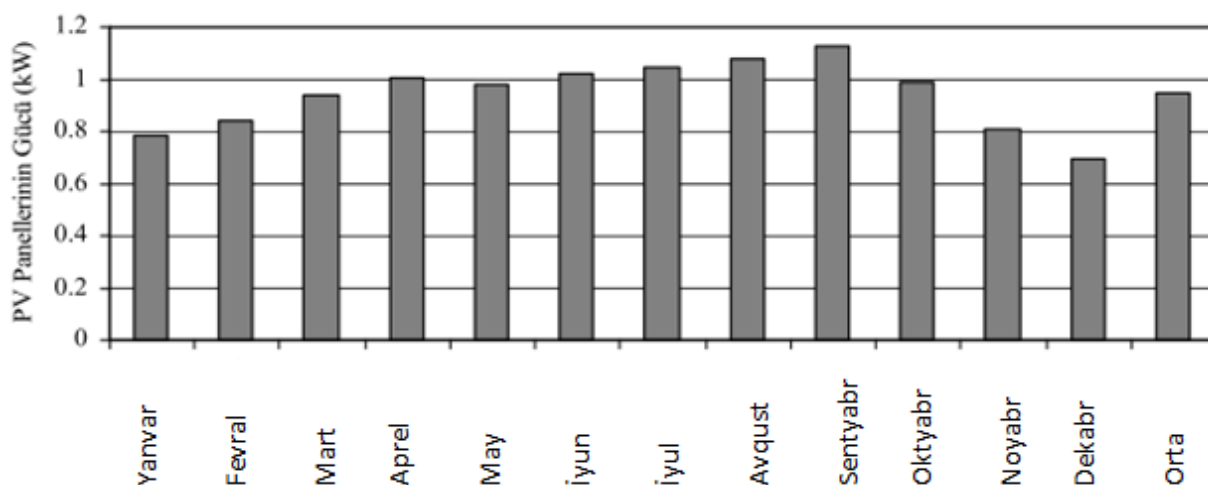
Şəkil 3.13-də bir gündə yükün dəyişməsi verilmişdir.



Şək. 3.13. Yükün günlük dəyişməsi

Mənbə: <https://gcris.pau.edu.tr/bitstream/11499/1319/1/Ahmet%20Y%C4%B1lanc%C4%B1.pdf>

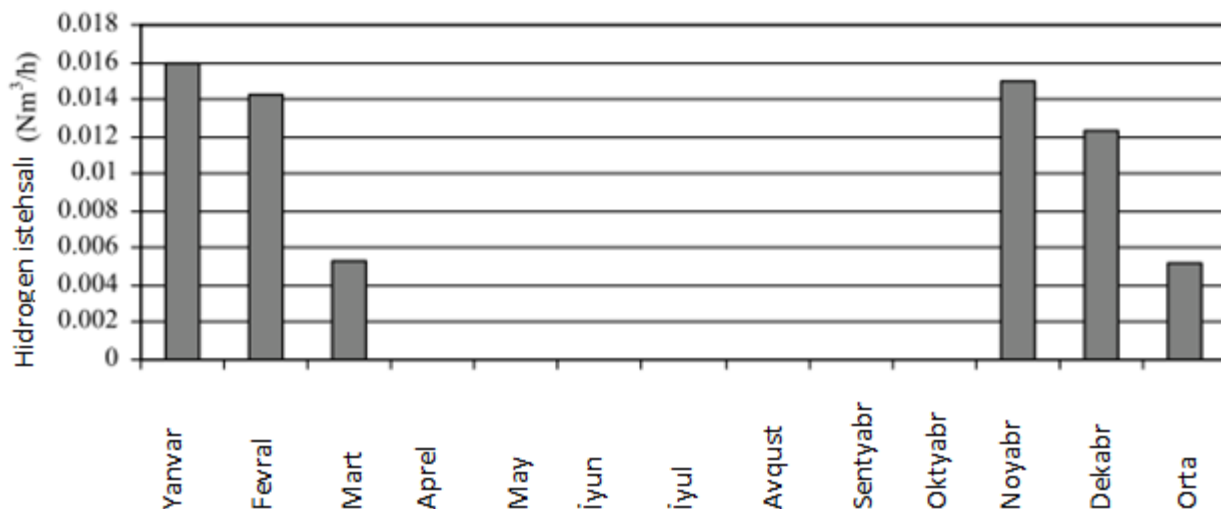
Günəş panellərinin (5kVt) istehsal edə biləcəyi gücün aylıq və illik qiymətləri şəkil 3.14-də verilmişdir.



Şək.3.14. Günəş panellərinin ortalama aylıq və illik güc istehsalı

Mənbə: https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/307446359/1_s2.0_S036031992204695X_main.pdf

Elektrolizator tərəfindən istehsal olunan hidrogenin aylıq dəyişməsi Şəkil 3.15-də verilmişdir.

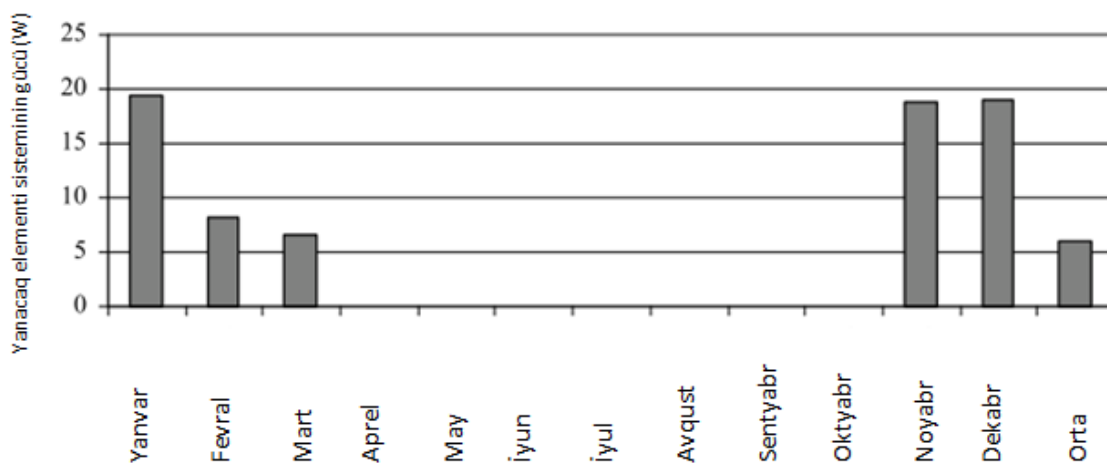


Şək. 3.15. Elektrolizator tərəfindən istehsal olunan hidrogenin aylıq dəyişməsi

Mənbə: https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/307446359/1_s2.0_S036031992204695X_main.pdf

Elektrolizatorun işə salınması batareyaların doldurulma vəziyyətindən asılıdır. Beləliklə, batareyaların 100% doldurulma vəziyyətini aşması nəticəsində PV panellərdən alınan artıq elektrik enerjisi elektrolizatorun işləməsi üçün istifadə olunur.

İki ədəd yanacaq elementinin istehsal etdiyi gücün aylıq dəyişməsi şəkil 3.16-da verilmişdir.



Şək.3.16. Yanacaq elementləri tərəfindən istehsal olunan gücün aylıq dəyişməsi

Mənbə: https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/307446359/1_s2.0_S036031992204695X_main.pdf

3.2. Günəş-hidrogen hibrid enerji sisteminin iqtisadi təhlili

Hidrogen və bərpa olunan enerji mənbələrinə son zamanlar görünməmiş təkan, təmiz və təhlükəsiz qlobal enerji gələcəyini formalaşdırmaq üçün əsas olacaqdır. Sənaye istifadəçilərinə hidrogen tədarüku, demək olar ki, tamamilə qalıq yanacaqlardan və ya təbii qazdan və ya kömürdən istehsal olunan böyüyən qlobal biznesin şahidi olur. Buna görə də, hidrogen texnologiyalarına investisiyaları birbaşa təşviq edən müxtəlif sektorlarda (enerji, smart şəbəkələr, istilik, tikinti, avtomobil və s.) müxtəlif siyasətlər nəzərdən keçirilir. Xüsusilə təbii qazdan hidrogenin istehsalının qiymətinə texniki və iqtisadi problemlər çox təsir göstərir. Sonuncu, əsasən fərqli və gözlənilməz yanacağıın qiymətləri və kapital xərcləri ilə bağlıdır. Bu gün su elektrolizindən qlobal hidrogen istehsalı 0,1%-dən azdır. Bərpa olunan enerji (xüsusilə günəş fotovoltaikləri və külək) istehsalının xərclərinin azalması elektrolitik hidrogenə marağın artmasına səbəb olur. Elektrik enerjisi istehsalında hidrogen bərpa olunan enerjinin əsas saxlama variantlarından biri hesab olunur. Həm hidrogen, həm də ammonyak qaz turbinlərində istifadə edildikdə artan şəbəkə elastikliyi təmin edir (Калимуллина Д.Д., Гафуров А.М.,2016).

Beynəlxalq Enerji Agentliyinin (IEA) hesabatına görə, 2021-ci ildə dünyada 90 milyon ton hidrogen istehsal edilib. Hidrogenin 95%-dən çoxu fosil mənbələrindən alınır. Karbon qazı emissiyalarının həcmi 900 milyon ton olmuşdur.

Boz hidrogen təbii metan qazından çevrilmə - su buxarı ilə qarışdırma və qızdırma yolu ilə əldə edilir. Bu, ən ucuz, eyni zamanda ən çirkli üsuldür. Boz hidrogenin istehsalının dəyəri 1 kq üçün 1-2 dollar təşkil edir, lakin karbon qazı emissiyalarının həcmi karbohidrogen yanacaqlarının ənənəvi yanması ilə müqayisə edilə bilər. Boz hidrogen bazarın təxminən 75%-ni tutur.

Dünya istehsalının 20%-ni təşkil edən qəhvəyi hidrogen kömürün qazlaşdırılması - yüksək temperaturda oksidləşmə yolu ilə istehsal olunur. Qiymət və çirkəndirmə qabiliyyəti baxımından boz rənglə eyni səviyyədədir.

Mavi hidrogen də metanın buxar reformasiyası yolu ilə istehsal olunur, lakin proses karbon tutma və saxlama texnologiyasını əhatə edir və bu, xüsusi anbarlara

vurulur. Onun istehsalı boz hidrogendən daha çox xammal və daha çox enerji tələb edir. Atmosferə atılan istixana qazlarının emissiyaları boz hidrogendən cəmi 9-12% azdır. Mavi hidrogenin qiyməti 1 kq üçün 2,8-3,5 dollar arasında dəyişir.

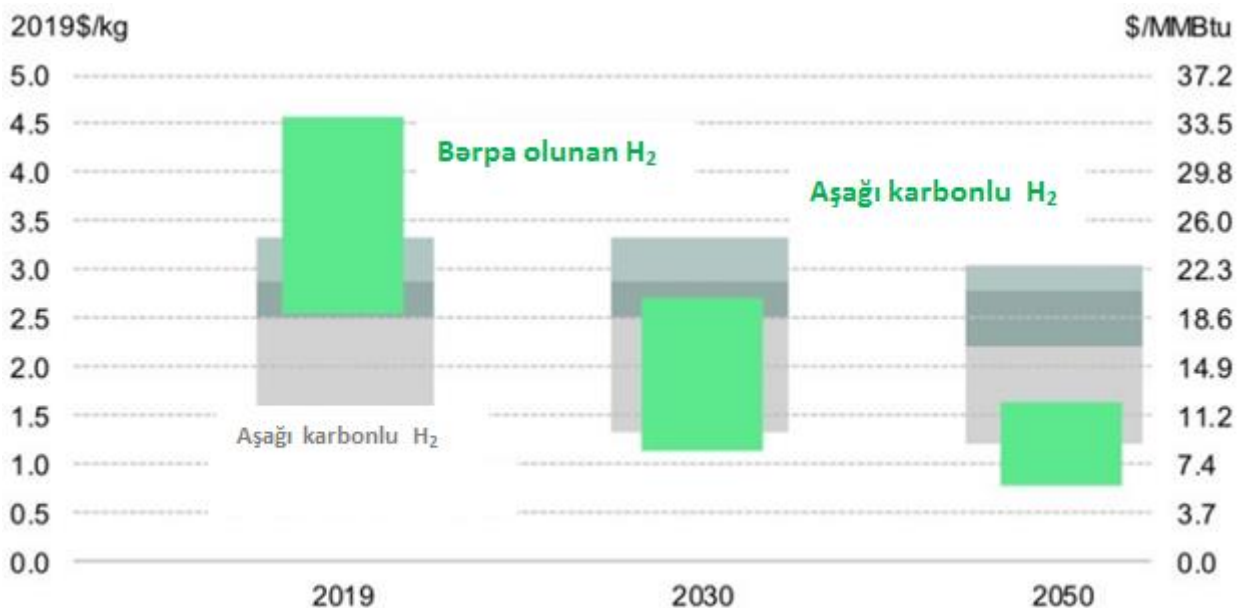
Firuzəyi hidrogen artıq ekoloji cəhətdən daha təmizdir. Bu, metan pirolizinin – oksigennin təsiri olmadan yüksək temperaturun təsiri altında qazın parçalanması məhsuludur. Bununla birlikdə bərk karbon əmələ gəlir, bundan sonra sənayedə, məsələn, polad emalında istifadə edilə bilər. Qiyməti təxminən 2 dollardır.

Nəhayət, gələcəyin karbonsuzlaşması üçün ümid olan yaşıl hidrogen. Elektroliz yolu ilə istehsal olunur: enerji bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə etməklə istehsal olunur, daha sonra elektrik cərəyanından istifadə edərək suyu hidrogen və oksigenə parçalamaq üçün istifadə olunur. Bu, ən bahalı hidrogen növüdür, çünki bərpa olunan enerji istehsalının qiymətləri ənənəvi olanlarla müqayisədə hələ də yüksəkdir - 1 kq üçün 9 dollara başa gələ bilər.

BloombergNEF (BNEF) araşdırma şirkətinin hesabatına görə 2050-ci ilə qədər hidrogen dünyanın əksər yerlərində günəş və külək enerjisindən istifadə etməklə hər kiloqram üçün 0,8-1,6 ABŞ dolları dəyərində istehsal oluna bilər (yuxarıdakı qrafikə bax). Bu, təxminən enerji ekvivalentində təbii qazın hazırkı qiymətlərinə uyğundur. Bərpa olunan enerji mənbələri ilə zəngin ölkələrdə xərclər daha da aşağı ola bilər.

Saxlama və nəqliyyat infrastrukturunun dəyəri nəzərə alındıqda, Çin, Hindistan və Qərbi Avropaya çatdırılan bərpa olunan hidrogenin dəyəri 2030-cu ildə təqribən \$2/kq (15\$/mn Btu) və 2050-ci ildə \$1/kq (\$7,4/mn Btu) səviyyəsinə düşə bilər.

BloombergNEF bildirir ki, qiymətlərin düşməsi 2050-ci ilə qədər qlobal enerji ehtiyacınının 24%-ni hidrogenlə təmin etməyə və qlobal sənaye qalıq yanacaq emissiyalarını üçdə bir azaltmağa kömək edə bilər. Şəkil 3.17-də hidrogen istehsalı qiymətlərinin proqnozlaşdırılması verilmişdir.



Şək. 3.17. Hidrogen istehsalı qiymətlərinin proqnozlaşdırılması

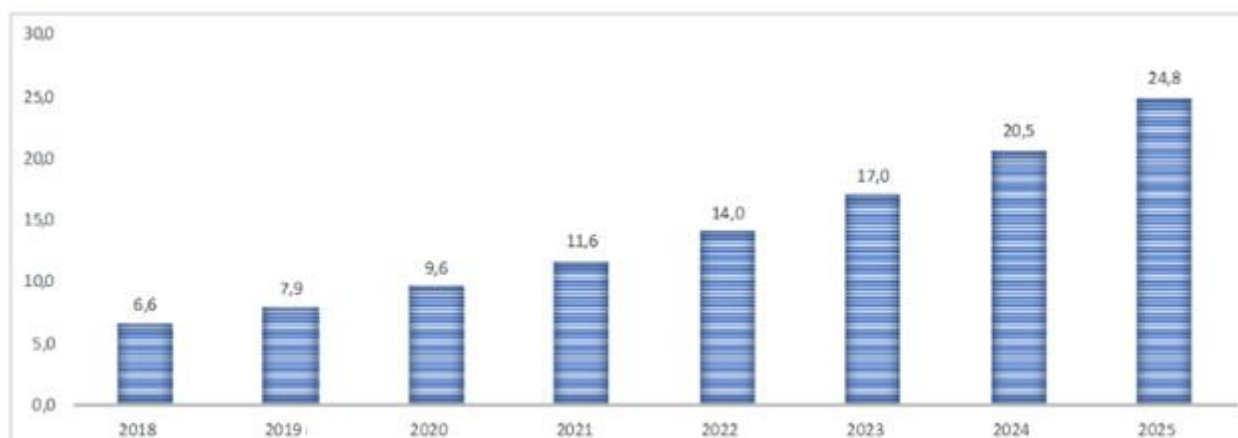
Mənbə: <https://rener.ru/zelenyj-vodorod-mozhet-obespechit-24-konechnogo-potrebleniya-energii-na-zemle-k-2050-g/>

Dünyanın hər yerindən elm adamlarından ibarət komandalar mümkün olan ən təmiz hidrogeni daha ucuz hala gətirməyin yollarını axtarırlar. Məsələn, ABŞ-dan olan tədqiqatçılar elektroliz prosesi üçün daha ucuz materiallardan istifadə etməyi təklif edirlər. Çin alimləri elektrolizdə iştirak edən katalizatorların xassələrini dəyişdirərək, ehtiyatları şirin sudan ölçüyəgəlməz dərəcədə böyük olan hidrogeni dəniz suyundan effektiv şəkildə ayırmağa nail olublar. Rusiyada lazer şüalarının təsiri altında suda alüminium hissəciklərinin oksidləşməsi yolu ilə hidrogen əldə etmək üsulunu işləyib hazırlayıb - bu proses ənənəvi elektrolizlə müqayisədə yarı qədər enerji sərf edir.

Məlum olduğu kimi, yanacaq elementləri kimyəvi enerjinin birbaşa elektrik enerjisinə çevrilməsini təmin edən qurğulardır. Adi qalvanik elementlərdən (bataryalar) və ya akkumulyatorlardan fərqli olaraq, yanacaq elementləri əvvəlcədən yığılmış enerjiden istifadə etmir, lakin xaricdən verilən yanacaq - adətən hidrogen, metan, metanol və ya digər karbohidrogenlərlə işləmək üçün nəzərdə tutulub. Hidrogen bütün ekoloji üstünlükləri ilə çox problemlili enerji daşıyıcısıdır: o, yalnız son dərəcə aşağı temperaturda mayeləşir, sıxılmış formada saxlamaq üçün yüksək təzyiq və çox davamlı və bahalı silindrlər tələb edir, istənilən yarıqlardan asanlıqla

sızır, həmçinin metalların kristal quruluşuna yerləşərək onları kövrək etmək kimi xüsusiyyətlərə malikdir. Bundan əlavə, sıxılmış və ya maye formada hidrogen aşağı sıxlığa malikdir və buna görə də saxlanılan enerji miqdarı da aşağıdır. Hidrogen istehsalı (adətən təbii qazdan) ayrı-ayrı zavodların yaradılmasını tələb edir ki, bu da istehsal olunan enerjinin maya dəyərini daha da artırır.

Yanacaq elementlərinin çatışmazlığı onların ətalətli olmalarıdır: elektrik enerjisinin istehsalını tez bir zamanda artırmaq və ya azaltmaq mümkün deyil. Buna görə də, yanacaq elementlərindən istifadə edərkən, məsələn, nəqliyyat vasitələrində akkumulyator və ya superkondansator kimi aralıq saxlama cihazı tələb olunur. Bərk oksid yanacaq elementləri ən perspektivli bazar segmentidir, gözlənilən orta illik artım tempi (40%) bazarın orta göstəricisindən (21%) demək olar ki, iki dəfə çoxdur. Şəkil 3.18-də dünya yanacaq elementi bazarının inkişaf proqnozu göstərilmişdir.



Şək. 3.18. Dünya yanacaq elementi bazarının inkişaf proqnozu(mlrd dollarla)

Mənbə: <https://xn--80aplem.xn--p1ai/analytics/Toplivnye-elementy-kak-cast-cifrovoj-infrastruktury/>

Günəş hidrogen sisteminin iqtisadi təhlili quraşdırma və istismar xərclərinin hesablamalarını, həmçinin sistemin investisiyaların qaytarılması və iqtisadi səmərəliliyinin qiymətləndirilməsini əhatə edir. İqtisadi təhlil apararkən aşağıdakı amillər nəzərə alınmalıdır:

1. Quraşdırma dəyəri:

- Günəş panellərinin qiyməti
- Hidrogen istehsalı üçün avadanlıqların qiyməti
- Hidrogen saxlama sisteminin qiyməti

- Müvafiq avadanlıqların qiyməti (məsələn, çeviricilər, kabellər və s.)
 - Sistemin quraşdırılması xərcləri
2. İstismar dəyəri:
- Texniki xidmət və təmir xərcləri
 - Sistemin həyat dövrü ərzində günəş panellərinin və avadanlıqların dəyişdirilməsi xərcləri
 - Ümumi şəbəkədən sistem tərəfindən udulmuş elektrik enerjisi xərcləri (lazım olduqda)
3. İqtisadi səmərəlilik hesablamaları:
- Günəş sistemindən hasil edilən hidrogenin kilovat-saatına görə maya dəyərinin hesablanması
 - Günəş sistemindən alınan hidrogenin dəyərinin ənənəvi hidrogen mənbələrinin qiymətləri ilə (məsələn, təbii qaz) müqayisəsi
 - İnvestisiya gəlirinin hesablanması (ödəniş müddəti)
 - Ənənəvi enerji mənbələri əvəzinə günəş sistemindən alınan hidrogendən istifadənin iqtisadi effektinin hesablanması

Sistemin yatırım, təmir, istismar xərcləri cədvəl 3.12-də göstərilmişdir.

Cədvəl 3.12. Sistemin elementlərinə çəkilən xərclər

Elementin adı	Yatırım (ABŞ\$/il)	Təmir xərcləri (ABŞ\$/il)	İstismar xərcləri (ABŞ\$/il)	Hurda dəyəri (ABŞ\$/il)	Toplam (ABŞ\$/il)
Günəş panelləri	4423	0	0	-158	4265
Akumulyator	394	166	447	-934	73
İnvertorlar	710	298	815	-79	1744
Elektrolizator	9066	4757	5002	0	18825
Metal hidrid çənlər	1576	727	0	0	2303
Yanacaq elementi sistemi	3022	2637	18	-929	4748
Cəmi	19191	8585	6282	-2100	31958

Mənbə: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10878926/>

NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

Dissertasiya işinin məqsədi ucqar yaşayış məntəqəsi üçün günəş-hidrogen hibrid elektrik təchizat sisteminin hazırlanmasıdır. Kənd yerlərində meşələr gündüzdən azalır, ətraf mühitin çirklənməsi artır və enerjiyə olan tələbat artır. Bu baxımdan davamlı, təmiz və ekoloji cəhətdən təmiz enerjilərdən istifadə etmək böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu məqsədə nail olmaq üçün günəş və hidrogen enerjisinin birgə istifadəsinə əsaslanan bir enerji təchizat sistemi araşdırılmışdır. Tədqiqat işində bərpa olunan enerji mənbələri araşdırılmışdır. Günəş enerjisindən elektrik enerjisinin alınması və həmin enerjiden hidrogen istehsalı məsələlərinə baxılmışdır. Günəş enerjisindən hidrogen alınması üsulları araşdırılmışdır.

Elektrik enerjisi tələbatçılarının cəm gücünə əsasən ilk olaraq yanacaq elementi, daha sonra isə sistemin digər elementləri seçilmişdir. Günəş-hidrogen hibrid enerji sisteminin iqtisadi təhlili aparılmışdır. Elektroliz sisteminin sadə və ucuz olmasına baxmayaraq, PV sistemi bahalıdır, bu da hidrogen istehsalının maya dəyərini artırır. Bununla belə, artan texnoloji inkişafarla PV sistemlərinin səmərəliliyi artması və istehsal texnologiyalarının inkişafı ilə paralel olaraq bu problemin də aradan qalxacağı gözlənilir. Günəş panellərinin ömrünün 20-25 il olması ilə belə bir sistem üçün xərclərin geri qaytarılma müddəti 6-7 il olur.

Nəticə olaraq aşağıdakı təkliflər verilə bilər:

- 1) Eksperimental tədqiqatlar apararaq nəzəri araşdırmalar nəticəsində əldə edilən nəticələr müqayisə edilməlidir.
- 2) Akkumulyasiya üçün yaxşı bir nəzarət sistemi olmalıdır, mümkün qədər avtomatik idarəetmə qurğularından istifadə edilməlidir.
- 3) Sistemin elementlərinin seçilməsi dəqiqliklə yerinə yetirilməlidir. Sistemdə çoxlu komponentlərdən istifadə etməməyə diqqət yetirilməlidir. Məsələn, iki invertordan istifadə etmək əvəzinə, iki girişli bir invertordan istifadə etmək mümkündür.
- 4) Yanacaq elementlərinin səmərəliliyini artırmaq üçün onların yüksək təzyiq, yüksək temperatur və yüksək gərginlik altında işləməsi araşdırılmalıdır.

ƏDƏBİYYAT

- Agrafiotis C., Pagkoura C., Lorentzou S., Kostoglou M., and Konstandopoulos A. G.,(2007) Hydrogen Production in Solar Reactors, Catalysis Today, 127
- Doğru, İ., (2014) . “Güneş Enerjisi Destekli Pem Elektrolizörlerinde Hidrojen Üretiminin Deneysel İncelenmesi”, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- Ganguly A, Misra D, Ghosh S, (2010). Modeling and analysis of solar photovoltaic-electrolyzer-fuel cell hybrid power system integrated with a floriculture greenhouse, Energy and Buildings. 2036–2043.
- Kelouwani S., Agbossou K. , Chahine R. (2005). Model for an energy conversion in renewable energy system with hydrogen storage, J. Power Sources 140 (2) 392–399.
- Şerefoğlu, Ş.,(2014). Solar Sistemler İçin Akıllı Evirici Tasarımı Ve Uygulaması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Акар К., Динсер И.(2016). Анализ и оценка комбинированной фотоэлектрохимической системы непрерывного типа для получения водорода. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». <https://www.isjaee.com/jour/manager/files/352-707-1-SM.pdf>
- Алексеева О.К., Козлов С.И., Самсонов Р.О., Фатеев В.Н.(июль 2009 г). Системы хранения водорода . «Транспорт на альтернативном топливе» № 4 (10).
- Амерханов, Р.А.(2021). Малая гидроэнергетика: учебник. Р.А. Амерханов, Я.И. Бляшко, А.В. Григораш ; Министерство сельского хозяйства РФ, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – Москва: Инновационное машиностроение.
- Безруких П. П., Безруких П. П. (мл.), Грибков С. В. (2014). Ветроэнергетика : справочно-методическое издание под общ. ред. П. П. Безруких. М. : Интехэнерго-Издат, Теплоэнергетик

Воронин С.М. (2007). Автономная система электроснабжения на основе солнечной электростанции. Б.Журнал.

Воронин С.М. (2007). Автономная система электроснабжения на основе солнечной электростанции. Б.Журнал.

Гафуров Н.М., Хакимуллин Б.Р., Багаутдинов И.З. (2016). Основные направления альтернативной энергетики. Инновационная наука. № 4-3.

Дьяков А. Ф., Перминов Э. М. (2014). Эффективное использование местных и возобновляемых ресурсов – важная задача улучшения энергоснабжения, повышения энергобезопасности страны и надежный задел энергетики будущего. Энергетик. № 2.

Иванчура В.И., Чубарь А.В., Пост С.С. (2012) Энергетические модели элементов автономных систем электропитания. М.:Журнал СФУ.

Калимуллина Д.Д., Гафуров А.М. (2016). Влияние альтернативной энергетики на окружающую среду.Инновационная наука. № 3-3. С. 97-98.

Лебедева М.В., Яштулов Н.А. (2020) Топливные элементы – характеристика, физико-химические параметры, применение. Учебное пособие – М.: Мир науки.

Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А. (2015). Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями. Томск: ТПУ.

Лукутин Б.В. (2008). Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие .Томск: Томского политехнического университета.

Охоткин Г.П. (2013). Методика расчета мощности солнечных электростанций. М.:Энергия.

Охоткин Г.П., (2013). Методика расчета мощности солнечных электростанций. М.:Энергия.

ПНСТ 40-2015 (IEC/TS 62257-4:2005) Возобновляемая энергетика. Гибридные электростанции на основе возобновляемых источников энергии, предназначенные для сельской электрификации. Рекомендации. Часть 4. Выбор и конструирование системы. 2005.

Ростовцева И. А., Рахимова Ю. И. (2019). Проблемы и перспективы развития ветроэнергетики. Самарский государственный технический университет, Самара. https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/88158/1/eir_2019_156.pdf

Челяев В. Ф. (2008). Солнечная энергетика – энергетика будущего. Энергия: экономика, техника, экология», № 10

<https://renen.ru/zelyonyj-vodorod-iz-solnechnoj-energii-bez-elektroliza-sovmestnyj-proekt-repsol-i-enagas/>

<https://nplus1.ru/news/2021/04/19/GaN>

<https://biomolecula.ru/articles/bakterii-dlia-vodorodnoi-energetiki>

<https://patents.google.com/patent/RU170311U1/ru>

<https://pzem.ru/catalog/apparaty-emkostnye-resivery-sosudy/resivery-gaza/resivery-vodoroda/>

<https://www.donaldson.com/ru-ru/fuel-cells/technical-articles/hydrogen-fuel-cell-technology/>

<https://www.techno-rus.com/blog/klassifikatsiya-akkumulyatornykh-batarey.html>

<https://www.grasys.ru/poleznaja-informacyja/spravochnye-materialy/izvlechenie-vodoroda/>

<https://solarverse.com.ua/ru/news/shcho-take-sonyachniy-invertor-i-yak-vin-pratsyue>

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/ecol/ecol05.htm>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036031992204695X>

<https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>