

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU

Cabarov Elvin Mübarizoviç
Eminov Seymur Sahib oğlu
Qurbanov Azər Allahverdi oğlu
Zeynalov Fuad Ceyhun oğlu
Şahquliyeva Gülgün Dilqəm qızı

“Günəş batareyalarının səmərəliliyinin artırılması üçün mikrokontroller əsasında sensorlu izləyici sistemin işlənməsi” mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

060627 – “Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika mühəndisliyi”

“Sənaye elektronikasi”

Elmi rəhbər: f.r.e.n, dosent Rafiq Sadıqov

BAKI – 2024

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU

MAGİSTRANTIN ANDI

“Günəş batareyalarının səmərəliliyinin artırılması üçün mikrokontroller əsasında sensorlu izləyici sistemin işlənməsi” 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 saxlanması, həmin mərkəz tərəfindən AzTU Rəqəmsal Repozitoriyasına daxil edilərək repozitoriyanın veb saytında yerləşdirilməsinə icazə veririk.

Elvin Cabarov _____

Seymur Eminov _____

Azər Qurbanov _____

Fuad Zeynalov _____

Gülgün Şahquliyeva _____

Tarix:

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	6
İXTİSARLARIN SİYAHISI	5
I FƏSİL. GÜNƏŞ BATEREYALARININ NÖVLƏRİ, PARAMETRLƏRİ, XARAKTERSİTİKALARI VƏ EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMA ÜSULLARI ..8	
1.1. Günəş batareyalarının növləri və iş prinsipləri (Şahquliyeva G. D.).....	8
1.2. Günəş elementlərinin səmərəliliyinə təsir edən amillərin araşdırılması (Şahquliyeva G. D.).....	15
1.3. Günəş batareyalarının səmərəliliyinin artırılması üçün mövcud üsullar (Qurbanov A. A.).....	22
1.4. Günəş panellərinin idarə olunmasında mikrokontrollerlərin rolu (Qurbanov A. A.).....	27
II FƏSİL. GÜNƏŞ BATEREYALARININ EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASINDA SENSORLU İZLƏYİCİ SİSTEMLƏRİN QURULMASI	29
2.1. Sensorların növləri, xarakteristikaları və əsas parametrləri (Cabarov E. M.).....	29
2.2. Mikrokontroller əsaslı sensor izləmə sisteminin qurulma prinsipinin araşdırılması (Cabarov E. M.).....	29
2.3. Mövcud şəraitə uyğun komponentlərin və avadanlıqların seçilməsi (Zeynalov F. C.).....	32
2.4. Sensor sisteminin idarəetmə alqoritminin işlənməsi (Zeynalov F. C.).....	41
III FƏSİL. SENSORLU İZLƏYİCİ SİSTEMİN MİKROKONTROLLERLİ İDARƏETMƏ SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİ	42
3.1. Qurğunun sxeminin işlənməsi (Eminov S. S.).....	42
3.2. Məlumat ötürmə metodunun seçilməsi və əsaslandırılması (simli, simsiz) (Zeynalov F. C.)	43
3.3. İdarəetmə və monitorinq proqramının hazırlanması (Eminov S.S.).....	44
3.4. Layihənin mövcud şəraitə inteqrasiyası (Qurbanov A. A.).....	49
3.5. Məlumatların qorunması və məxfiliyin təmin edilməsi (Qurbanov A. A.).....	51
3.6. İşlənmiş sxem əsasında cihazın yığılması (Zeynalov F. C.).....	55
3.7. Qurğunun sınağının və sabitlik testlərinin aparılması (Şahquliyeva G. D.).....	57

3.8. Cihaz və proqram təminatında lazımi düzəlişlərin edilməsi (Zeynalov F. C.)....	59
NƏTİCƏ	61
İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT	62

İXTİSARLARIN SİYAHISI

AEM – alternativ enerji mənbəyi

GP – günəş paneli

FV – fotovoltaik

VAX – Volt - Amper xarakteristikası

KFS – konsentrasiya edən fotovoltaik sistem

MPP -maksimum güc nöqtəsi

LDR- işıqə həssas rezistor

MPPT- Mikrokontroller əsaslı maksimum güc nöqtəsi izləmə

GİRİŞ

Seçilmiş mövzunun aktuallığının əsaslandırılması. Dünyanın inkişaf etmiş ölkələri, o cümlədən, Azərbaycan Respublikası da ildən-ilə ənənəvi enerji mənbələrindən (üzvi əsaslı yanacaqlardan) istifadənin məhdudlaşdırılması və son nəticədə dayandırılmasını hədəfləyir. Bunun ən başlıca səbəbləri: ənənəvi enerji mənbələrinin ehtiyatlarının təbiətdə məhdud miqdarda mövcud olması; onların çıxarılmasının ekoloji sistemdə boşluqlar meydana gətirməsi; çox uzun müddətdə yenilənməsi; karbon emissiyalarının təbiətə ziyan vurməsi; əksər hallarda bu enerji mənbələrinin sivilizasiyadan uzaqda yerləşməsi və enerjinin ötürülməsi problemlərinin meydana çıxmasıdır. Bu problemlərin öz aktuallığını qoruması dünya dövlətlərini ekologiyanı qorumaq məqsədli addımlar atmağa və bunun nəticəsində alternativ enerji mənbələrinin tətbiq və tətbiqinin təşviqini artırmağa sövq edir. Nəticə etibarilə, alternativ enerji mənbələrinin (AEM) tədqiqi, onların məhsuldarlığını artıran və enerji hasil edən texnologiyaların istehsal xərclərini azaldan kəşflərə fokuslanmışdır. Bu nöqteyi nəzərdən yanaşdıqda, “Günəş batereyalarının səmərəliliyinin artırılması üçün mikrokontroller əsasında sensorlu izləyici sistemin işlənməsi” mövzusunda hazırlanmış magistrlik dissertasiyası, sadalanan aktual problemlərin həllinə işıq tutmaqla bərabər sözü gedən sahədəki inkişafa öz elmi töhfəsini verəcəkdir.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri. Aparılmış elmi tədqiqatın məqsədi AEM – dən alınan məhsuldarlığın maksimum miqdarına çatdırılmasıdır. Belə ki, Termodinamikanın II qanunundan məlum olduğu kimi heç bir enerji çevrilməsi qüsuruz deyildir və itkilərin mövcudluğu qaçınılmazdır. Müəliflər dissertasiya işində hazırladıqları lahiyə ilə texnoloji yeniliklər tətbiq edərək problemin həlli üçün tədqiqat aparmışdır. Elektronika və mexanika elmlərinin imkanlarından istifadə edərək tədqiqatın məqsədinə nail olmaq üçün təcrübələr aparılmışdır. Tədqiqatın bir sıra mühüm vəzifələri mövcuddur. Aydın məsələdir ki, texnoloji yeniliyə nail olmadan öncə bu sahədə daha əvvəl edilmiş yeniliklərə nəzər salınmalı, digər tədqiqatlar araşdırılmalıdır. Günəş panellərinin səmərəliliyinin təhlil edilməsi bu araşdırmanın ilkin mərhələsi olacaqdır. Daha sonra mövcud izləmə sistemlərinin öyrənilməlidir.

Yalnız bu mərhələlərin icrasından sonra müəlliflər öz yanaşmalarını tətbiq edərək layihədəki sistemin komponentlərindən biri olan sensoru seçə bilər və onu onu məqsədə uyğun optimallaşdırılmasını həyata keçirə bilərlər. Ardınca uyğun mikrokontroller seçilməli və zəruri alqoritm üzrə proqramlaşdırılmalıdır. Nəhayət son mərhələdə mikrokontroller əsasında sensorlu izləyici sistem işlənəcək və yoxlama testləri aparılacaqdır.

Tədqiqat metodları. Tədqiqatın metodları bilavasitə müəlliflərin mövcud aktual problemin həllinə nail olmaq məqsədilə yerinə yetirəcəkləri tədqiqatın, iş bölgüsünə əsaslanan mərhələlərini əhatə edir. Həmin mərhələlər: Günəş enerjisinin əsaslarını öyrənmək; sensorları və mikrokontrolleri seçmək; elektrik sxeminin qurmaq; mikrokontrollerin proqramlaşdırmaq; sınaq və sazlamaları etmək; sistemin günəş panelləri ilə uyğunlaşdırılması; optimallaşdırma və təkmilləşdirmə; enerji istehsalı və davamlılığın təmin olunması; uzaqdan monitoring və nəzarət imkanlarının araşdırılmasıdır.

Tədqiqatın obyektı. Tədqiqatın obyektı “Günəş batareyalarının səmərəliliyinin artırılması üçün mikrokontroller əsasında sensorlu izləyici sistemin” komponentləri olan günəş panelləri, izləmə sistemi, sensorlar, mikrokontroller və hərəkət mexanizmidir.

Elmi və praktiki yeniliklər. Tədqiqat prosesində üzərində çalışılacaq elmi yenilik bundan ibarətdir ki, əvvəlcədən müəyyən edilmiş alqoritm əsasında proqramlaşdırılmış idarəetmə dövrəsi, günəş panelinin enerji istehsalı effektivliyini maksimum səviyyəyə çatdırmaq üçün, onu fəzadakı vəziyyətini mexaniki formada dəyişdirəcəkdir. Praktiki yenilik isə odur ki, bu sistem nəinki stasionar vəziyyətdə, hətta mobil vasitələrdə də quraşdırıla bilər. Beləliklə, mobil vasitənin müxtəlif relyef quruluşuna malik ərazilərdə və dəyişən istiqamətli hərəkətində belə kəsintisiz enerji hasilatı təmin ediləcəkdir.

I FƏSİL. GÜNƏŞ BATEREYALARININ NÖVLƏRİ, PARAMETRLƏRİ, XARAKTERSİTİKALARI VƏ EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMA ÜSULLARI

1.1. Günəş batareyalarının növləri və iş prinsipləri

Günəş batareyaları, adətən, hazır olduqları yarımkeçirici materialın adını daşıyır. Bu materiallar günəş işığı udmaq üçün müəyyən xüsusiyyətlərə malik olmalıdır. Bəzi elementlər Yer səthinə çatan günəş işığı idarə etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur, digərləri isə kosmosda istifadə üçün optimallaşdırılmışdır. Günəş batareyaları yalnız bir təbəqə işığı uducu materialdan (tək keçidli) hazırlana bilər və ya müxtəlif udma və yük ayırma mexanizmlərindən faydalanmaq üçün çoxlu fiziki konfigurasiyalardan (çox qovşaqlardan) istifadə edə bilər (Öztürk H.H. 2013).

Günəş elementlərini -birinci, ikinci və üçüncü nəsillər kimi təsnif etmək olur. Ənənəvi və ya lövhə (altlıq) əsaslı elementlər adlanan birinci nəsillər, polisilikon və monokristal silikon kimi materialları ehtiva edən kommersiya baxımından üstünlük təşkil edən Fotovoltaika (FV) texnologiyası olan kristal silisiumdan hazırlanır.

İkinci nəsillər amorf silisium, CdTe və CuInGaSe elementlərini ehtiva edən nazik təbəqəli günəş batareyalarıdır və kommunal miqyaslı fotovoltaik elektrik stansiyalarında, inteqrasiya edilmiş fotovoltaiklərin qurulmasında və ya kiçik müstəqil enerji sistemlərində kommersiya baxımından əhəmiyyətlidir.

Günəş elementlərinin üçüncü nəsli, tez-tez yeni yaranan fotovoltaiklər kimi təsvir edilən bir sıra nazik təbəqə texnologiyalarını ehtiva edir, onların əksəriyyəti hələ kommersiya baxımından tətbiq olunmayıb və hələ də tədqiqat və ya inkişaf mərhələsindədir. Bir çoxları üzvi materiallardan, çox vaxt orqanometal birləşmələrdən və qeyri-üzvi maddələrdən istifadə edirlər. Onların səmərəliliyinin aşağı olmasına və absorber materialının dayanıqlığının çox vaxt kommersiya tətbiqləri üçün çox qısa olmasına baxmayaraq, bu texnologiyalara çoxlu tədqiqatlar sərmayə qoyulur, çünki onlar aşağı qiymətli, yüksək səmərəli məhsul istehsal etmək məqsədinə nail olmağı vəd edirlər (Бессель В.В. 2016).

"Birinci nəsil" panellərə silisium günəş batareyaları daxildir. Onlar tək silisium kristalından (monokristal) hazırlanır və ya bir çox kristaldan ibarət olan silisium blokundan kəsilir.

"İkinci nəsil" nazik təbəqəli günəş batareyaları ənənəvi silisium günəş batareyalarından daha ucuzdur, çünki tikinti üçün daha az miqdarda material tələb olunur. İncə təbəqəli FV elementlər, adından da göründüyü kimi, fotovoltaiklərə tətbiq edilən fiziki cəhətdən nazik bir texnologiyadır. Onlar digər növlərdən bir qədər az səmərəlidir, lakin eyni şeyi yaratmaq üçün daha çox səth sahəsi tələb olunur.

Amorf -silikon günəş batareyaları (A-Si). Amorf silisium (a-Si) silisiumun kristal olmayan formasıdır. Bu, 15 ildən artıqdır ki, bazarda olan nazik film texnologiyaları arasında ən yaxşı inkişaf etmiş texnologiyadır. O, cib kalkulyatorlarında geniş istifadə olunur, lakin bəzi şəxsi evləri, binaları və uzaq obyektləri də enerji ilə təmin edir. United Solar Systems Corp (UniSolar) amorf-silisium günəş elementlərinin yaradılmasında qabaqcıl olub və əsas istehsalçı olaraq qalır. Amorf silisium panellər, şüşə və ya metal kimi bir substrat materialına təxminən 1 mikrometr qalınlığında nazik bir silisium materialının buxarlanması ilə əmələ gəlir. Amorf silisium çox aşağı temperaturda, 75 dərəcə Selsi kimi aşağı temperaturlarda da çökə bilər ki, bu da plastik üzərində çökməyə imkan verir. Ən sadə formada element quruluşu p-i-n təbəqələrinin tək ardıcılığına malikdir. Bununla belə, tək qatlı elementlər günəşə məruz qaldıqda onların enerji çıxışında (15-35% diapazonunda) əhəmiyyətli dərəcədə deqradasiyaya məruz qalır. Deqradasiya mexanizmi kəşf edənlərin şərəfinə Staebler-Wronski effekti adlanır. Daha yaxşı sabitlik material üzərində elektrik sahəsinin gücünü artırmaq üçün daha incə təbəqələrin istifadəsini tələb edir. Bununla belə, bu, işığın udulmasını, dolayısıyla element səmərəliliyini azaldır. Bu, sənayenin bir-birinin üstünə yığılmış p-i-n elementlərini ehtiva edən tandem və hətta üç qatlı cihazları inkişaf etdirməsinə səbəb oldu. Amorf silisiumdan istifadə edərək günəş elementlərinin yaradılmasınının qabaqcıllarından biri Uni-Solar-dır. Günəş elementinin qalınlığı cəmi 1 mikron və ya monokristal silikon günəşin ölçüsünün təxminən 1/300-üdür. Kristal silisium təxminən 18 faiz məhsuldarlığa nail olsa da, amorf günəş elementlərinin məhsuldarlığı təxminən 7 faiz səviyyəsində qalır.

Aşağı səmərəlilik dərəcəsi qismən panellərin günəş işığına məruz qaldığı ilk saatlarda özünü göstərən və amorf silikon panelin enerji məhsuldarlığının 10 faizdən təxminən 7 faizə qədər azalması ilə nəticələnən Staebler-Wronski effekti ilə bağlıdır. Amorf silisium günəş batareyalarının əsas üstünlüyü onların istehsal xərclərinin aşağı olmasıdır ki, bu da bu batareyaları çox rəqabətə davamlı edir.

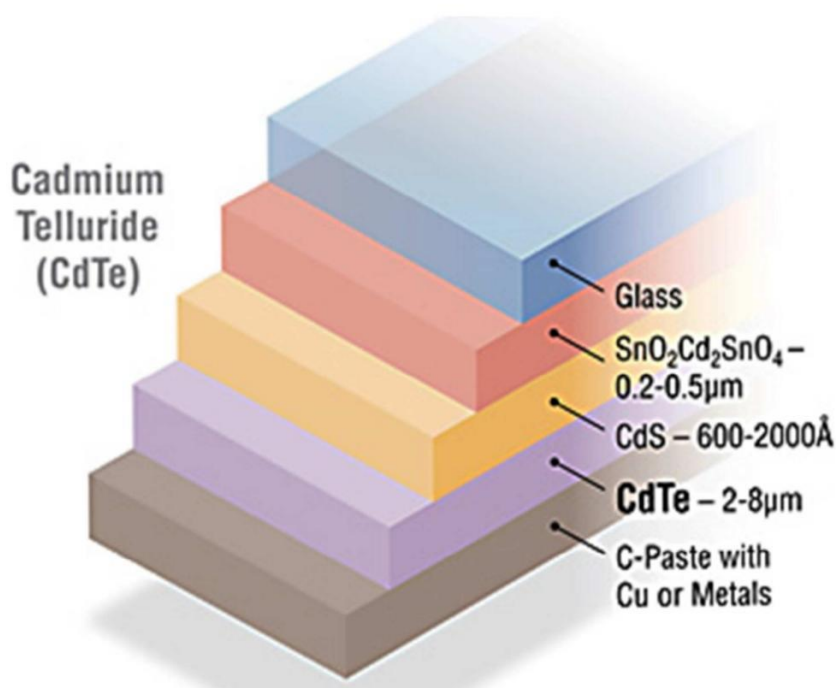
Biohibrid günəş batareyaları. Biohibrid günəş batareyası üzvi maddələrin (fotosistem I) və qeyri-üzvi maddələrin birləşməsindən istifadə edərək hazırlanmış günəş elementidir. Biohibrid günəş batareyaları Vanderbilt Universitetinin tədqiqatçılar qrupu tərəfindən hazırlanıb. Komanda günəş enerjisinin çevrilməsində daha böyük səmərəlilik əldə etmək üçün fotosintezin təbii prosesini yenidən yaratmaq üçün fotosistem I-dən (tilakoid membranda yerləşən fotoaktiv zülal kompleksi) istifadə etdi. Bu biohibrid günəş elementləri bərpa olunan enerjinin yeni növüdür.

Element özü bir neçə gün ərzində qızıl təbəqəyə daxil edilən və toplanan inyeksiya edilmiş fotosistem I kompleksləri istisna olmaqla, digər günəş batareyalarında olan eyni qeyri-üzvi materiallardan ibarətdir. Günlər keçdikdən sonra fotosistem I görünən olur və nazik yaşıl təbəqə kimi görünür. Bu enerji çevrilməsinə kömək edir və yaxşılaşdırır. Lakin biohibrid element hələ də tədqiqat mərhələsindədir.

Kadmium-tellurid günəş elementləri (CdTe). Kadmium tellurid (CdTe) fotovoltaikləri günəş işığını udmaq və elektrik enerjisinə çevirmək üçün nəzərdə tutulmuş nazik yarımkeçirici təbəqə olan kadmium telluridin istifadəsi ilə hazırlanır. Kadmium tellurid fotovoltaiq materiallar, çox kilovatlıq sistemlərdə silisium kristalından hazırlanmış adi günəş elementlərindən daha aşağı qiymətə malik yeganə nazik təbəqə texnologiyasıdır (Imene Y. 2018).

Həyat dövrü əsasında, CdTe fotovoltaiq bütün günəş texnologiyaları arasında ən kiçik karbon izinə, ən az su istifadəsinə və enerjinin geri qaytarılma müddətinə malikdir. CdTe-nin bir ildən az enerjinin geri qaytarılma müddəti qısamüddətli enerji çatışmazlığı olmadan karbonun daha sürətli azaldılmasına imkan verir. Kadmiumun toksikliyi, CdTe modullarının ömrünün sonunda təkrar emalı ilə azaldılan ekoloji problemdir baxmayaraq ki, hələ də qeyri-müəyyənliklər və ictimai rəy bu texnologiyaya şübhə ilə yanaşır. Nadir materialların istifadəsi də orta müddətli

gələcəkdə CdTe texnologiyasının sənaye miqyasını məhdudlaşdıran amil ola bilər. Telluridin anion forması olan tellurun nadir bolluğu yer qabığında platininkinə bənzəyir və modulun qiymətinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək edir. CdTe fotovoltaikləri dünyanın ən böyük fotovoltaiq elektrik stansiyalarında istifadə olunur. CdTe texnologiyası 2013-cü ildə nazik təbəqə bazarının yarından çoxunu təşkil edirdi. CdTe nazik təbəqələr texnologiyasının görkəmli istehsalçısı Tempe, Arizonada yerləşən First Solar şirkətidir. CdTe günəş elementlərinin hazırlanma texnologiyası Şək. 1.1. -də göstərilmişdir.



Şək 1.1. CdTe günəş elementlərinin hazırlanma texnologiyası

Konsentraedici fotovoltaiq sistemlər. Günəş süalarını konsentrasiya edən fotovoltaiq sistem (KFS) , adi fotovoltaiq texnologiya ilə eyni şəkildə işıq enerjisini elektrik enerjisinə çevirir. Lakin maksimum səmərəlilik üçün günəş işığının geniş sahəsini hər bir hüceyrəyə fokuslamaq üçün qabaqcıl optik sistemdən istifadə edilir. Arasdirmalar nəticəsində məlumdur ki, fotovoltaiq sistemlər yüksək və aşağı konsentrasiyaedici olmaqla iki müxtəlif formada dizayn olunur. Konsentratorlu fotovoltaiq sistemlər (KFS) günəş işığından elektrik enerjisi istehsal edən fotovoltaiq

texnologiyadır. Adi fotovoltaik sistemlərdən fərqli olaraq, o, günəş işığını kiçik, lakin yüksək səmərəli, çox keçidli günəş elementlərinə yönəltmək üçün linzalar və əyri güzgülərdən istifadə edir. Bundan əlavə, KFS səmərəliliyini daha da artırmaq üçün tez-tez günəş izləyicilərindən və bəzən soyutma sistemindən istifadə edilir. Davam edən tədqiqat və təkmilləşdirmələr nəticəsində məlum olmuşdur ki, yüksək günəş izolyasiyası olan ərazilərdə effektiv günəş elementlərinə məqraq sürətlə artır.

KFS texnologiyası 70-ci illərdən bəri mövcuddur. Müasir texnoloji yeniliklər KFS-ya müxtəlif iqlimə malik bölgələrdə kömür, təbii qaz və neft kimi ənənəvi yanacaq zavodları ilə rəqabət aparmağa imkan verdi. Konsentrasiya edən fotovoltaik sistemlər günəş işığını elektrik enerjisinə çevirməklə işləyir. Ənənəvi damüstü günəş modulları elektrik enerjisi istehsal etmək üçün eyni əsas konsepsiya ilə fəaliyyət göstərir. KFS sistemlərində günəş işığını "çox qovşaqlı" günəş batareyalarına "konsentration edən" optik komponent var. Xüsusilə yüksək konsentrasiya edən fotovoltaik sistemlər yaxın gələcəkdə rəqabət qabiliyyətinə malik olmaq potensialı daşıyır. Onlar bütün mövcud FV texnologiyalarının ən yüksək səmərəliliyinə malikdirlər. Hal-hazırda, KFS, FV dam üstü segmentində istifadə edilmir və adi FV sistemlərindən daha az yayılmışdır.

Konsentrasiya edən fotovoltaik (KFV) modulları ənənəvi FV modulları ilə eyni şəkildə işləyir, istisna olmaqla, onlar günəşi bütün modul sahəsini əhatə etməyən günəş elementlərinə cəmləşdirmək üçün optikadan istifadə edirlər. Semprius vəziyyətində bu konsentrasiya əmsalı 1100 dəfədən çox tələb olunan yarımkeçirici miqdarını kəskin şəkildə azaldır (<0,1 faiz) və səmərəliliyi 41 faizdən çox olan çox yüksək performanslı çox keçidli hüceyrələrdən qənaətlə istifadə etmək potensialını açır. Düzgün işləmək üçün KFV modulları dəqiq şəkildə günəşə baxmalıdır. Buna görə də, KFV modulları yüksək məhsuldarlıqla birlikdə istifadə olunur. Konsentrasiya edən fotovoltaik sistemlər Şək 1.2. – də göstərilmişdir.



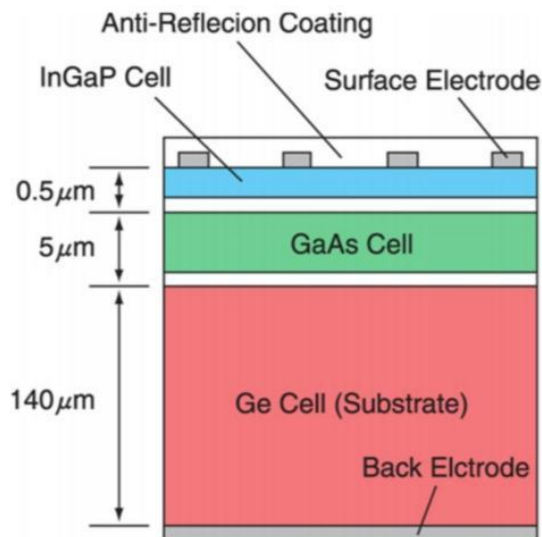
Şək 1.2. Konsentrasiya edən fotovoltaiik sistemlər

Mis-indium-qallium-selenid günəş elementləri. Günəşdə ən maraqlı və mübahisəli materiallardan biri Mis-İndium-Qallium-Selenid və ya qısaca CuInGaSe-dir. Bu, Solyndra, NanoSolar və MiaSolé kimi bəzi CuInGaSe şirkətlərinin az qala məişət adlarına çevrildiyi günəş nazik film şıngasının bir hissəsi idi. Mis indium qallium selenid günəş batareyası günəş işığını elektrik enerjisinə çevirmək üçün istifadə edilən nazik təbəqəli günəş batareyasıdır. Onlar şüşə və ya plastik altlıq üzərində nazik bir mis, indium, qallium və selenid təbəqəsi və cərəyan toplamaq üçün ön və arxada elektrodlarla birlikdə istehsal olunur. Materialın yüksək udma əmsalı olduğu və günəş işığını güclü şəkildə udduğu üçün digər yarımkeçirici materialların nazik təbəqələri tələb olunur (Muhammad H.R., 2015).

Qallium-arsenid-germanium günəş elementləri (GaAsGe). Qallium arsenid 2 əsas elementdən ibarətdir; qallium. və arsen. Bu iki ayrı element bir-birinə bağlandıqda, bir çox maraqlı xüsusiyyətlərə malik olan yuxarıda qeyd olunan birləşməni əmələ gətirirlər. Qallium arsenid silisium W ilə müqayisədə daha çox doymuş elektron sürətinə və elektron hərəkətliliyinə malik yarımkeçiricidir. Yarımkeçirici izolyator və keçirici arasında elektrik keçiriciliyinə malik olan materialdır, o, soyuq olduqda elektrik cərəyanını keçirmə qabiliyyətini dəyişə bilər. Qallium arsenidinin başqa bir yeni keyfiyyəti onun birbaşa bant boşluğuna malik olmasıdır. Bu, səmərəli işıq yaya bilən birləşməni ifadə edən keyfiyyətdir. Bu kristal

quruluşlu III-V birbaşa zolaqlı yarımkeçiricidir. Qallium arsenid mikrodalğalı tezlikli integral sxemlər, monolit mikrodalğalı integral sxemlər, infraqırmızı işıq yayan diodlar lazer diodları, günəş batareyaları və optik pəncərələr kimi cihazların istehsalında istifadə olunur. Bu amillərə görə, qallium arsenid ümumidən qeyri-adi olana qədər bir çox elektrik tətbiqləri üçün yaxşı bir namizəd olmuşdur. Bunlardan bəzilərinə mobil telefonlar, peyklər və peyk rabitəsi, mikro və nano miqyaslı yarımkeçiricilər, radar sistemləri və hətta nano əsaslı günəş enerjisi daxildir. Günəş batareyası bir mühüm vəzifəni yerinə yetirmək üçün yaradılmışdır. Yəni fotonların udulması yolu ilə elektrik enerjisi istehsalıdır. Işıq, bu halda günəşdən gələn parlaq enerji elementə dəydikdə, onun müəyyən bir hissəsi yarımkeçirici materialın içərisində udulur. Bu vəziyyətdə yarımkeçirici material qallium arsenididir. Bu o deməkdir ki, udulmuş işığın enerjisi, qallium arsenid olduğu halda, yarımkeçiricilərə ötürülür. Enerji elektronları həyəcanlandırır, onları boşaldır və ya başqa bir şəkildə əvvəlki bağlı vəziyyətindən çıxarır. Bu, onların sərbəst axmasına imkan verir. Günəş və fotovoltaiq elementlər də vasitəçi rolunu oynayan bir və ya bir neçə elektrik sahəsinə malikdir. Bu sahə işığın udma axını ilə sərbəst buraxılan elektronları müəyyən bir istiqamətə məcbur edir. Bu elektron axını, bir çox başqaları kimi, cərəyandır. Bu cərəyan hüceyrənin yuxarı və aşağı hissəsində metal kontaktlar yerləşdirməklə istifadə edilə bilər. Bu yeni yerləşdirilmiş kontaktlarla cərəyan demək olar ki, hər hansı bir xarici tətbiqi işə salmaq olar. GaAs günəş və ya fotovoltaiq elementi yaratmağın bir çox yolu var. Əvvəlcə GaAs kristalı yaradılmalıdır. Bu olmadan günəş batareyası fəaliyyət göstərə bilməyəcək.

Hibrid günəş batareyaları. Hibrid günəş batareyaları həm üzvi, həm də qeyri-üzvi yarımkeçiricilərin üstünlüklərini özündə birləşdirir. Hibrid fotovoltaiqlər donor və nəql dəlikləri kimi işığı udan birləşmiş polimerlərdən ibarət üzvi materiallara malikdir. Hibrid elementlərdəki qeyri-üzvi materiallar strukturda qəbuledici və elektron daşıyıcı kimi istifadə olunur. . InGaP/GaAs/Ge əsaslı günəş elementinin strukturu Şək 1.3. -də əks olunmuşdur.



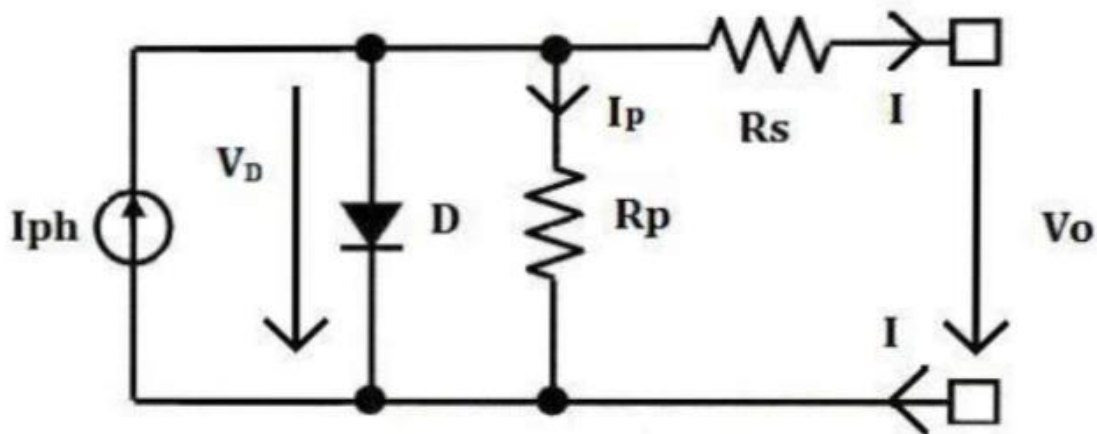
Şək 1.3. InGaP/GaAs/Ge əsaslı günəş elementinin strukturu

Hibrid günəş batareyalarında üzvi material yüksək elektron daşıyıcı materialla qarışdırılaraq fotoaktiv təbəqə əmələ gəlir. İki material heteroqovuşma tipli fotoaktiv təbəqədə birlikdə yığılır ki, bu da yüksək gücə çevrilmə səmərəliliyinə malik ola bilər. Materiallardan biri foton absorber kimi çıxış edir. Digər material qovuşqada exciton dissosiasiyasını asanlaşdırır. Yük ötürülür və sonra donorda yaranan eksiton donor-akseptor kompleksində delokalizasiya edildikdən sonra ayrılır.

1.2. Günəş elementlərinin səmərəliliyinə təsir edən amillərin araşdırılması

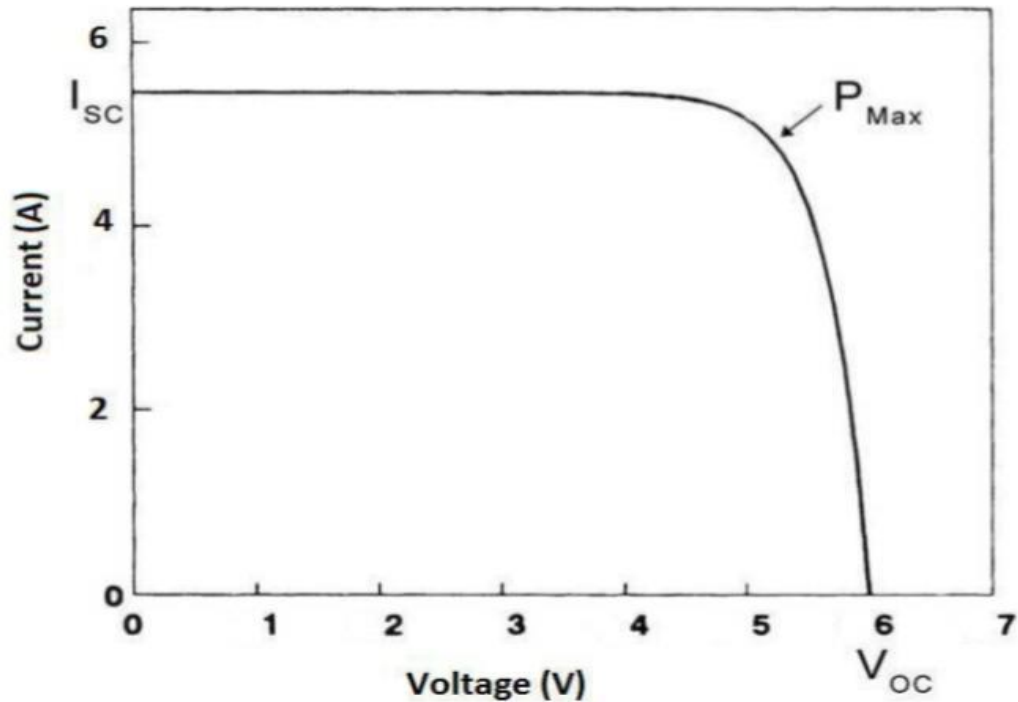
Fotovoltaik termini günəş batareyası vasitəsilə günəş işığının elektrik enerjisinə çevrilməsini əhatə edən prosesə aiddir. Fotovoltaik enerji istehsalında iki əsas problem var ki, bunlar FV modullarının daha az çevrilmə səmərəliliyi və enerji istehsalının miqdarı hava şəraitindən asılı olmasıdır. Həmçinin, fotovoltaik Volt-Amper xarakteristikası gərginlik və cərəyan arasındakı mürəkkəb əlaqəyə görə qeyri-xətti olur və temperaturun dəyişməsi və ya insolasiya ilə dəyişir. Fotovoltaik elementin ekvivalent sxemi Sxem 1.4. -də əks olunmuşdur. Volt-Amper xarakteristikası əyrisində **maksimum güc nöqtəsi** kimi tanınan bir nöqtə var, burada fotovoltaik sistem ən yüksək səmərəliliyi verir və ən yüksək çıxış gücünü istehsal edir. Enerji itkisinin əsas mənbəyi MPP-nin izlənilməməsidir. Beləliklə, Maksimum Power Point İzləmə (MPP) də FV sistemi idarə etmək üçün vacibdir (G.K. Singh, 2013).

Günəş batareyasının iş şəraitini təsvir edən ən mühüm parametrləri şüalanma və temperaturdur. Günəş batareyasının konstrukturu standart sınaq şəraitində (STC: işıqlandırma 1000 Wt/m^2 , temperatur 25°C və AM15 istinad spektri) səmərəliliyi qiymətləndirərək cihazlarını qiymətləndirir. Bununla belə, bu şərtlər adi açıq havada istismar zamanı praktiki olaraq heç vaxt baş vermir, çünki onlar quraşdırma yerindəki faktiki coğrafi və meteoroloji şəraiti nəzərə almırlar.



Sxem 1.4. Fotovoltaik elementin ekvivalent sxemi

Tipik günəş batareyasının VAX -sı Şək 1.5. -də göstərildiyi kimidir.



Şək 1.5. Günəş panelinin VAX-sı

Günəş elementinin əsas parametrləri:

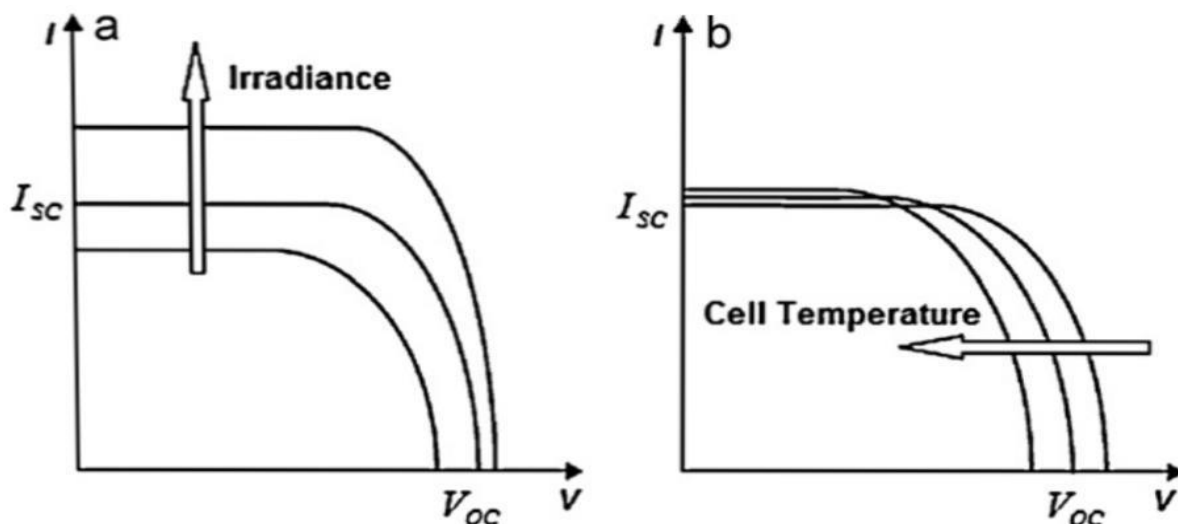
Qısa Qapanma Cərəyanı (QQC): İki naqıl bir-birinə birbaşa qoşulduqda və gərginlik sıfır olduqda cərəyan maksimumdur. Bu vəziyyətdə cərəyana "qısa qapanma cərəyanı" deyilir. Qısaqapanma cərəyanı işıqın yaratdığı elektronların yaranması və toplanması ilə bağlıdır.

Açıq Dövrə Gərginliyi (ADG): Element heç bir yükə qoşulmadıqda cərəyan yoxdur və FV elementindəki gərginlik maksimuma çatır. Buna "açıq dövrə gərginliyi" deyilir. Yük FV elementə qoşulduqda cərəyan dövrədən keçir və gərginlik aşağı düşür.

Doldurma Faktoru (DF): DF faktiki günəş elementindən ideal günəş batareyasından maksimum gücə qədər maksimum güc kimi müəyyən edilir. Zaman keçdikcə PV əyrisi pisləşir. Elementin keyfiyyətini vaxtaşırı yoxlamaq vacibdir. Elementin keyfiyyəti doldurma faktoru ilə müəyyən edilir. Yaxşı panel üçün bu göstərici DF 0,7 ilə 0,8 arasında, pis panel üçün isə 0,4 ola bilər.

Effektivlik bir günəş batareyasının səmərəliliyini digəri ilə müqayisə etmək üçün ən çox istifadə edilən parametrdir. Səmərəlilik günəş spektrindən, günəş işığının intensivliyindən və günəş elementinin temperaturundan asılıdır.

Fotovoltaiklərin texnologiyasına uyğun olaraq effektivliyi artırmağın başqa bir yolu günəş işığını kiçik olanlara cəmləməkdir. Bunlar məlum konsentrasiyaedici fotovoltaiklərdir (KFS). Bu gün texnologiya günəş sənayesinin çox kiçik bir hissəsini tutur; lakin texnologiyanın yaxşılaşması və xərclərin aşağı düşməsi ilə KFS sənayesinin tezliklə günəş enerjisi bazarında daha böyük pay alacağı gözlənilir. Şək. 1.6. -da bu temperatur dəyişiklikləri öz əksini tapmışdır.



Şək 1.6. Şüalanma və element temperaturunun fotovoltaik element xarakteristikasına təsiri (a), artan şüalanmanın təsiri və (b) artan element temperaturunun təsiri

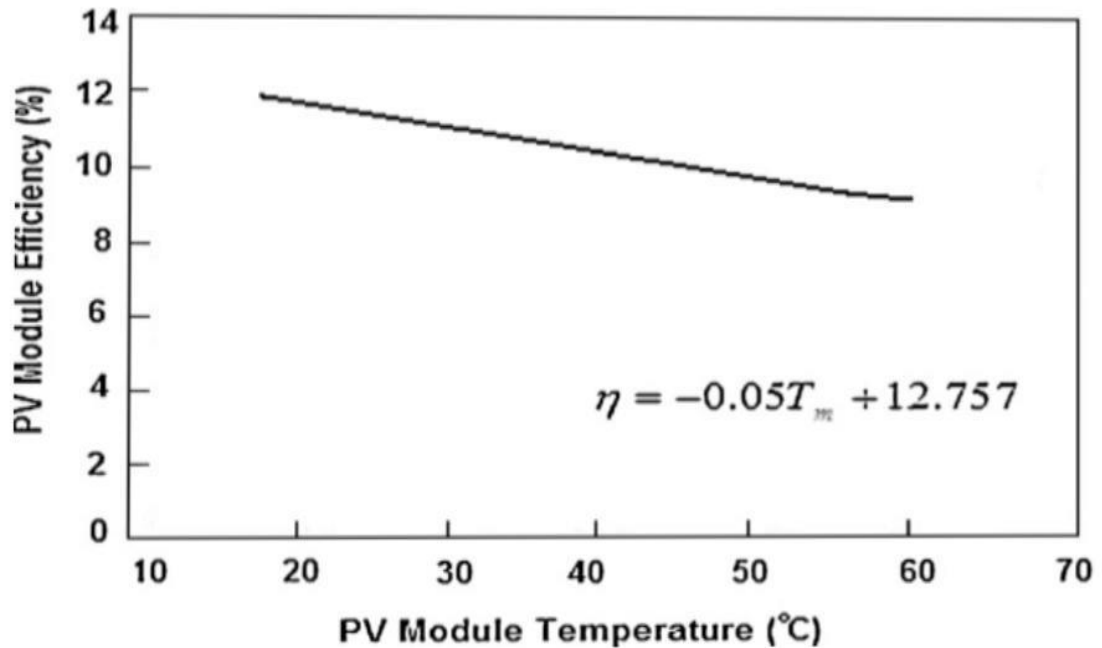
Temperaturun və şüalanmanın element xüsusiyyətlərinə təsiri Şək 1.6-da göstərilmişdir. Şək. 1.6. (a)-dan görüldüyü kimi, açıq dövrə gərginliyi günəş radiasiyasını artırmaqla loqarifmik olaraq artır, qısaqapanma cərəyanı isə xətti olaraq artır. Element temperaturunun element xüsusiyyətlərinə təsiri Şək. 1.6. (b)-də göstərilmişdir. Element temperaturunun artmasının əsas təsiri temperatur ilə xətti olaraq azalan açıq dövrə gərginliyinə aiddir; beləliklə elementin səmərəliliyi aşağı düşür. Görüldüyü kimi, temperaturun artması ilə qısaqapanma cərəyanı bir qədər də artır. IEC standartlarına daxil edilmiş bir FV modulunun normal işləmə element

temperaturunun müəyyən edilməsi proseduru ona əsaslanır ki, modulun temperaturu T_m və ətraf mühitin temperaturu T_{amb} arasındakı fərq ətraf mühitin temperaturundan asılı olmayaraq və xətti mütənasib hesab edilə bilər. FV elementin enerjiyə çevrilmə səmərəliliyi (η), bir FV elementi elektrik dövrəsinə qoşulduqda çevrilən (udulmuş işıqdan elektrik enerjisinə) və toplanan gücün faizidir. Bu müddət maksimum güc nöqtəsinin P_{max} nisbətinin standart sınaq şəraitində giriş işığının şüalanmasına (E , inW/m^2) və FV elementinin səth sahəsinə (m^2 ilə AC) bölünməsi ilə hesablanır

Fotovoltaik sistemə ətraf mühitin təsiri. FV enerji sisteminin çıxışına təsir edən müxtəlif mühit şəraiti var. Bu təsirlər nəzərə alınmalıdır ki, fotovoltaik sistemin çıxışında real gözləntilər olsun. Modul temperaturu FV sistemin işinə böyük təsir göstərən parametrdir, çünki o, sistemin səmərəliliyini və çıxış enerjisini dəyişdirir. Bundan əlavə, şüalanma səviyyəsi, ətraf mühitin temperaturu, kir/toz və xüsusi quraşdırma şəraiti kimi atmosfer parametrləri də təsir göstərir. Temperatur effektləri kristal silisiumun xüsusiyyətinin nəticəsidir. Temperatur aşağı düşdükcə daha yüksək gərginlik yaratmağa və əksinə, yüksək temperaturda gərginliyi itirməyə meyllidirlər. İstənilən FV modulu temperatur effekti üçün düzəlişləri əhatə etməlidir. FV modulun effektivliyi ilə temperaturu arasında əlaqə Şək. 1.7. – də göstərilmişdir.

Temperatur artdıqca yarımkəçiricinin zolaq boşluğu daralır və açıq dövrə gərginliyi diod amilində q/kT görünən p-n qovşağı gərginliyindən temperatur asılılığından sonra azalır. Buna görə də FV elementləri V mənfi temperatur əmsalı var. Üstəlik, yükdaşıyıcıları daha aşağı potensialda sərbəst buraxıldığı üçün eyni fotocərəyan verildikdə daha aşağı çıxış gücü nəticələnir. Temperatur artdıqca, yarımkəçiricinin qadağan olmuş zolağın eni yenidən daralır, yəni daha çox kiçik enerjisi udulur, çünki düşən işığın daha çox faizi yük daşıyıcılarını valentlik zolağından keçiricilik zolağına qaldırmaq üçün kifayət qədər enerjiyə malikdir. Daha böyük foto cərəyan nəticələri; buna görə də, verilmiş izolyasiya üçün cərəyan artır və fotovolatik elementlərinin müsbət temperatur əmsalı cərəyan olur (Ellabban O., Abu-Rub H., and Blaabjerg F., 2014). Bu təsirin nəzəri cəhətdən maksimum gücü aşağıdakı kimi olacaq:

$$P_{max} = I \times V$$



Şək. 1.7. FV modulun effektivliyi ilə temperaturu arasında əlaqə

Effektivliyi artırmaq və FV modulunun istilik deqradasiyası sürətini azaltmağın təsirli yolu onun səthinin işləmə temperaturunun azaldılmasıdır. Buna modulun soyudulması və əməliyyat zamanı FV elementlərinin içərisində saxlanılan istiliyin azaldılması ilə nail olmaq olar. Buna misal olaraq günəş-su nasos sistemini göstərmək olar. Belə bir sistem su ilə soyudulmuş bir FV modulundan, su nasosundan ibarətdir. və su anbarı. FV modulunun soyudulması modulun yuxarı səthində suyun süzülməsi konfigurasiyasının tətbiqi ilə əldə edilir. Nəticələr göstərdi ki, soyuducu su ilə FV modulunun yuxarı səthi arasında konveksiya ilə istilik itkisi səbəbindən günəş şüalanmasının pik şəraitində sistem məhsuldarlığında təxminən 15% artım əldə edilir. Həmçinin belə bir sistemin nəticələri göstərdi ki, quru və isti mövsümlərdə FV modulundan verilən enerjinin 5% artmasına nail olmaq olar.

Digər vacib amil kir/tozdur. Çirk/toz FV modulunun səthində toplana bilər, günəş işığının bir hissəsini bloklayır və çıxışı azaldır. Tipik kir/toz hər yağışlı mövsümdə təmizlənsə də, quru mövsümdə toz yığılması nəticəsində azalma nəzərə alınmaqla sistemin məhsuldarlığını qiymətləndirmək daha realdır. Beləliklə, bəzi yığılmış kir/tozla işləyən "100Wmodul" orta hesabla təxminən 79W gücündə işləyə bilər:

İstehsalçı standart sınaq şəraitində xüsusi FV modulunun çıxışını 100W gücdə qiymətləndirə və məhsulu "100W PV modulu" adlandırma bilər. Bu modul tez-tez reytingin $\pm 5\%$ istehsal dözümlülüyünə malik olacaq, yəni modul $100W \times 0.95 - 95W$ istehsal edə bilər.

FV modulunun çıxış gücü modulun temperaturu artdıqca azalır. Damda işləyərkən, bir FV modulu əhəmiyyətli dərəcədə istiləşəcək, daxili temperatur $50-75^\circ C$ -ə çatacaq. Kristal modullar üçün MSK tərəfindən tövsiyə olunan tipik temperaturun azaldılması əmsalı 89% və ya $0,89$ -dur. Beləliklə, "100 Wt modulu adətən tam günəş işığı şəraitində təxminən $95W \times 0.89 = 85W$ gücündə işləyəcək.

İstifadə ediləcək tipik illik toz azaldılması faktoru 93% və ya $0,93$ -dür. A "100-Wmodule", orta hesabla təxminən $85W \times 0.93 = 79W$ işləyə bilər

Günəş panellərinin səmərəliliyinin artırılması üçün müxtəlif texnika və üsullardan istifadə olunur. Yüksək effektivlik dərəcəsinə malik panellərin seçilməsi səmərəliliyinin artırılmasının ilk addımıdır. Daha yüksək effektivlik dərəcəli panellər ($\sim 20\%$) düşən günəş şüalarının standart panellərə nisbətən daha çox faizini istifadə edilə bilən elektrik enerjisinə çevirir. Bu panellər adətən optimal çevrilmə dərəcələrinə çatmaq üçün qabaqcıl texnologiyadan istifadə edir. Məsələn, monokristal fotovoltaiq materiallar polikristal materiallardan daha səmərəlidir, çünki onlar tək silisium kristalından hazırlanır. Bundan əlavə, yüksək səmərəli panellər məhdud yer olan qurğular üçün idealdır, çünki onlar daha kiçik bir yerdən daha çox enerji təmin edə bilirlər. Yüksək səmərəli panellər daha yüksək ilkin qiymətə malik olsa da, onların təkmilləşdirilmiş performansları daha çox uzunmüddətli qənaətdə və günəş enerjisi sərmayənizdən daha sürətli gəlir əldə etməyə səbəb olur.

Güzlərdən istifadə edilməsi günəş panellərinin səmərəliliyinin artırılması üçün mövcud üsullardan biridir. Güzləri günəş panellərinin ətrafına strateji olaraq yerləşdirməklə günəş işığını panelin səthinə bir başa yönləndirə və cəmləşdirə, onun işığa məruz qalmasını artırma bilərik. Güzlər elə yerləşdirilə bilər ki, səpələnmiş və ya itirilən günəş işığını tutacaq və əks etdirəcək. Bu texnika birbaşa günəş işığının məhdud olduğu yerlərdə və ya daha az günəşli mövsümlərdə xüsusilə faydalıdır. Bununla belə, güzlərin həddindən artıq istiliyə və ya parıltıya səbəb olmadığından

əmin olmalıyıq, çünki bu, panelləri zədələyə və ya təyyarələr və ya quşlar üçün təhlükə yarada bilər (Kaushika N.D., Mishra A. and Rai A.K., 2018).

Günəş panellərinin səthində kölgələnmənin olması günəş panelinin səmərəliyini kifayət qədər aşağı salır, buna görə də kölgələnmənin qarşısının alınması səmərəliliyin artırılmasının bir üsuludur.

Günəş panellərinin hətta birində olan kiçik kölgəli sahə bütün quraşdırmanın səmərəliliyinə təsir göstərə bilər. Kölgə problemini aradan qaldırılması üçün günəş panelləri hündür binalardan və ya ağaclardan uzaq ərazilərdə quraşdırılmalıdır.

Optimal Orientasiyanı təmin edilməsi yəni günəş panellərin düzgün istiqamətləndirilməsi və əyilməsi onların səmərəliliyini artırmaq üçün vacibdir. Panellər gün ərzində maksimum günəş işığı alacaq şəkildə yerləşdirilməlidir. Şimal yarımkürəsində panellər cənuba, cənub yarımkürəsində isə şimala baxmalıdırlar. Günəşə məruz qalmağı optimallaşdırmaq üçün əyilmə bucağı da yerinizin eninə əsasən tənzimlənməlidir.

Panellərin düzgün şəkildə düzülməsi kölgələnməni minimuma endirir və tutulan günəş işığının miqdarını maksimum dərəcədə artırır, nəticədə enerji istehsalı artır.

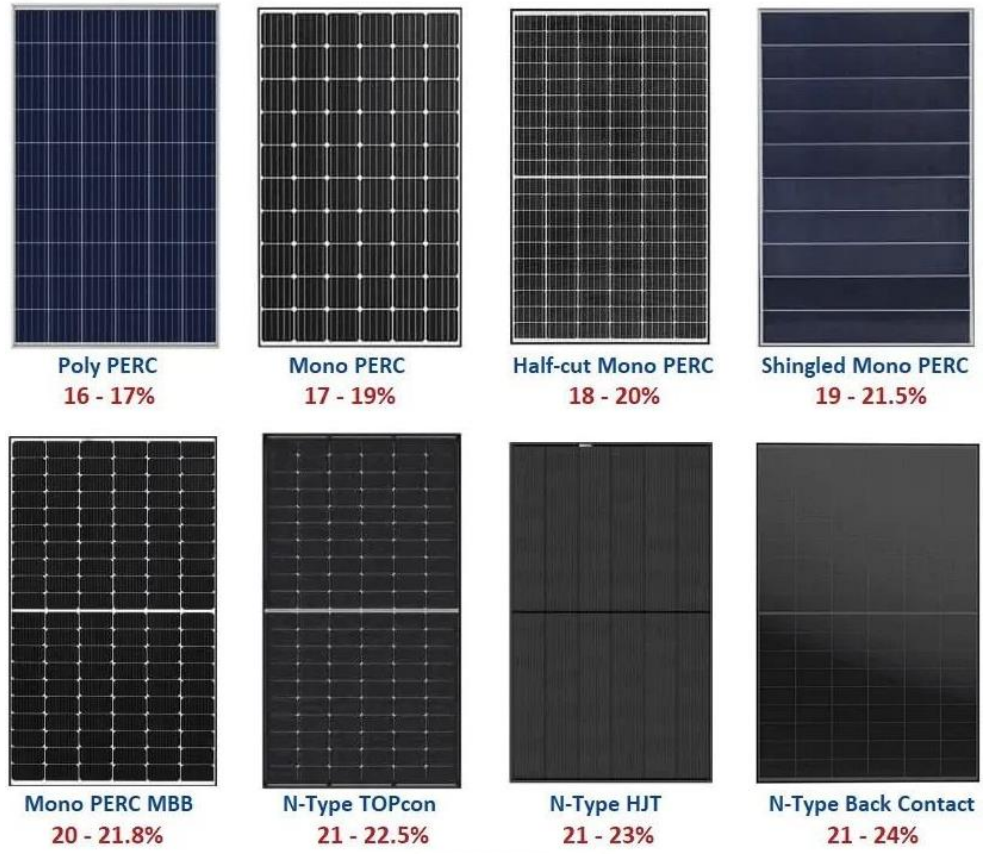
Günəş panelləri hərəkət edən hissələrin olmaması səbəbindən minimal texniki xidmət tələb etsə də, toz və kir yığılmasının qarşısını almaq üçün vaxt aşırı təmizlənmə vacibdir. Təmizləmə tezliyi qurulduğu ərazidəki toz və yağış miqdarından asılıdır. Orta hesabla, toz hər il hasilatın 6% azalmasına səbəb ola bilər, lakin çirklənməyə meyilli ərazilərdə azalma 25% və ya daha çox ola bilər. Buna görə də optimal performans üçün illik təmizləmə rejimi tövsiyə olunur.

1.3. Günəş batareyalarının səmərəliliyinin artırılması üçün mövcud üsullar

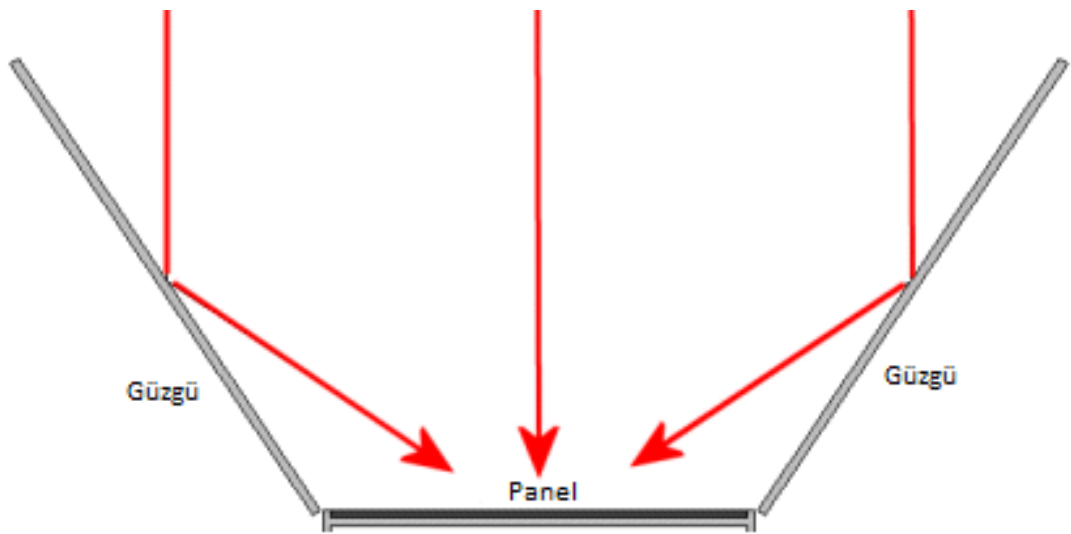
Günəş panellərinin səmərəliliyinin artırılması üçün müxtəlif texnika və üsullardan istifadə olunur. Yüksək effektivlik dərəcəsinə malik panellərin seçilməsi səmərəliyinin artırılmasının ilk addımıdır. Daha yüksək effektivlik dərəcəli panellər (~20%) düşən günəş şüalarının standart panellərə nisbətən daha çox faizini istifadə edilə bilən elektrik enerjisinə çevirir. Bu panellər adətən optimal çevrilmə dərəcələrinə çatmaq üçün qabaqcıl texnologiyadan istifadə edir. Məsələn, monokristal fotovoltayk hüceyrələr

polikristal hüceyrələrdən daha səmərəlidir, çünki onlar tək silisium kristalından hazırlanır. Bundan əlavə, yüksək səmərəli panellər məhdud yer olan qurğular üçün idealdır, çünki onlar daha kiçik bir yerdən daha çox enerji təmin edə bilirlər. Yüksək səmərəli panellər daha yüksək ilkin qiymətə malik olsa da, onların təkmilləşdirilmiş performansını daha çox uzunmüddətli qənaətə və günəş enerjisi sərmayənidən daha sürətli gəlir əldə etməyə səbəb olur (Hart D.W., 2007, Abri R.A., El-Saadany E.F. and Atwa Y.M., 2013). Müxtəlif quruluşa malik günəş panelləri Şək. 1.8.-də göstərilmişdir.

Güzgüldən istifadə edilməsi günəş panellərinin səmərəliliyini artırılması üçün mövcud üsullardan biridir. Güzgüləri günəş panellərinin ətrafına strateji olaraq yerləşdirməklə günəş işığını panelin səthinə bir başa yönləndirə və cəmləşdirə, onun işığa məruz qalmasını artırmağa imkan verir. Güzgülər eyni yerləşdirilə bilər ki, səpələnmiş və ya itirilən günəş işığını tutacaq və əks etdirəcək. Bu texnika birbaşa günəş işığının məhdud olduğu yerlərdə və ya daha az günəşli mövsümlərdə xüsusilə faydalıdır. Bununla belə, güzgülərin həddindən artıq istiliyə və ya parıltıya səbəb olmadığından əmin olmalıyıq, çünki bu, panelləri zədələyə bilər, təyyarələr və ya quşlar üçün təhlükə yarada bilər (Navruz T.S, 2008). Bu üsul Şək. 1.9. – da göstərilmişdir.

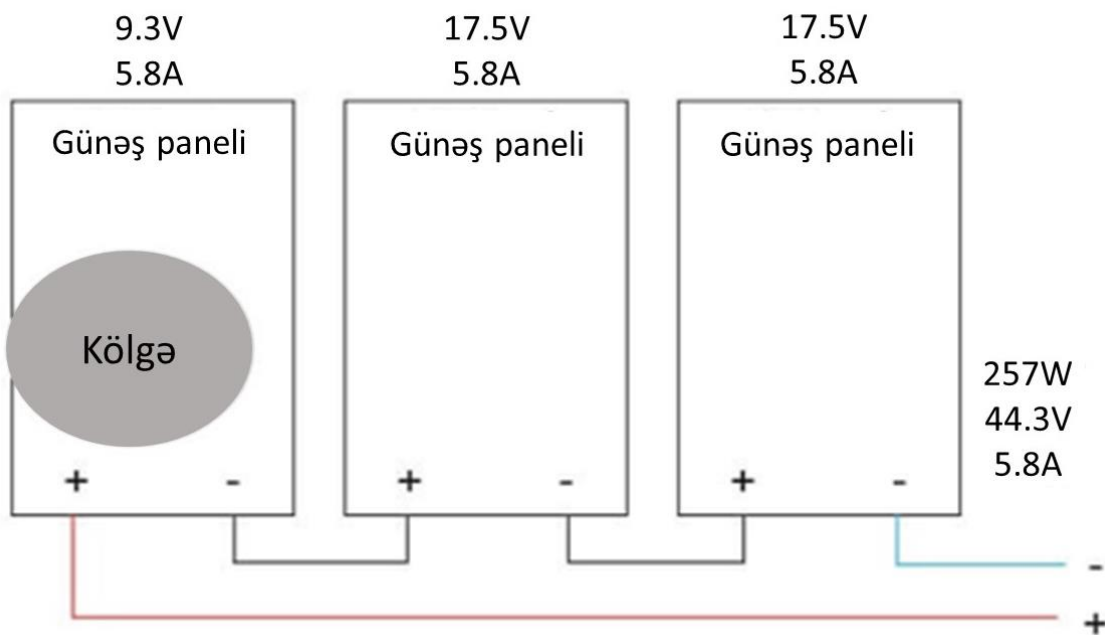


Şək. 1.8. Müxtəlif quruluşa malik günəş panelləri



Şək. 1.9. Güzgülərdən istifadə etməklə günəş panellərinin səmərəliliyinin artırılması

Günəş panellərinin səthində kölgələnmənin olması günəş panelinin səmərəliyini kifayət qədər aşağı salır, buna görə də kölgələnmənin qarşısının alınması səmərəliliyin artırılmasının bir üsuludur. Günəş panellərinin hətta birində olan kiçik kölgəli sahə bütün quraşdırmanın səmərəliliyinə təsir göstərə bilər. Kölgə problemini aradan qaldırılması üçün günəş panelləri hündür binalardan və ya ağaclardan uzaq ərazilərdə quraşdırılmalıdır. Bu hal Şək. 1.10. -da göstərilmişdir.

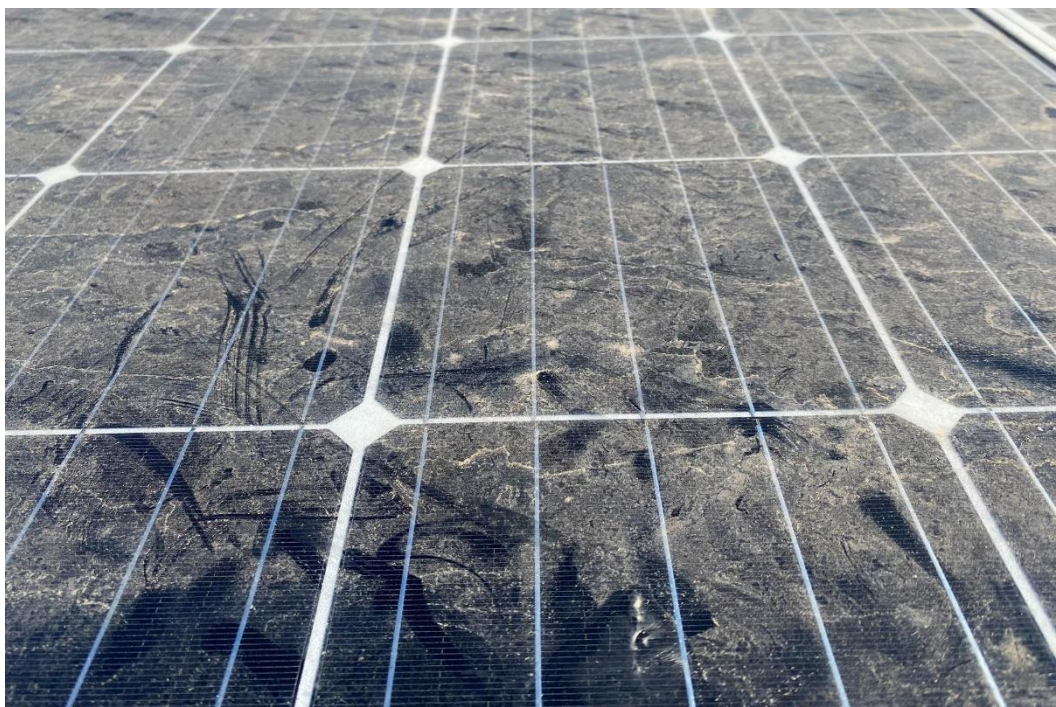


Şək. 1.10. Kölgənin sistemin enerji parametrlərinə təsiri

Optimal orientasiyanın təmin edilməsi yəni günəş panellərinin düzgün istiqamətləndirilməsi və əyilməsi onların səmərəliliyini artırmaq üçün vacibdir. Panellər gün ərzində maksimum günəş işığı alacaq şəkildə yerləşdirilməlidir. Şimal yarımkürəsində panellər cənuba, cənub yarımkürəsində isə şimala baxmalıdırlar. Günəşə məruz qalmağı optimallaşdırmaq üçün əyilmə bucağı da yerinizin eninə əsasən tənzimlənməlidir.

Panellərin düzgün şəkildə düzülməsi kölgələnməni minimuma endirir və tutulan günəş işığının miqdarını maksimum dərəcədə artırır, nəticədə enerji istehsalı artır.

Günəş panelləri hərəkət edən hissələrin olmaması səbəbindən minimal texniki xidmət tələb etsə də, toz və kir yığılmasının qarşısını almaq üçün vaxt aşırı təmizlənmə vacibdir. Təmizləmə tezliyi qurulduğu ərazidəki toz və yağış miqdarından asılıdır. Orta hesabla, toz hər il hasilatın 6% azalmasına səbəb ola bilər, lakin çirklənməyə meyilli ərazilərdə azalma 25% və ya daha çox ola bilər. Buna görə də optimal performans üçün illik təmizləmə rejimi tövsiyə olunur (E. Romero-Cadaval, G. Spagnuolo, L. G. Franquelo, C. A. Ramos-Paja, T. Suntio, and W. M. Xiao, 2013). Günəş panelinin çirкли halı Şək. 1.11.-də göstərilmişdir

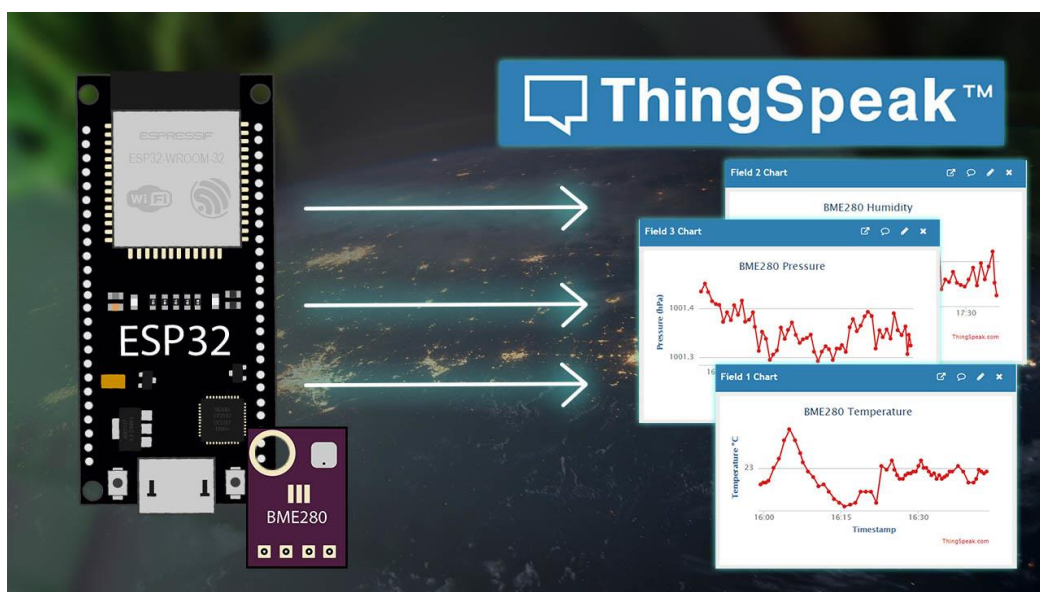


Şək. 1.11. Günəş panelinin çirкли halı

1.4. Günəş panellərinin idarə olunmasında mikrokontrollerlərin rolu

Mikrokontrollerlərə əsaslanan günəş paneli idarəetmə sistemləri müasir dövrdə bizə verdiyi üstünlüklərə görə geniş istifadə olunur. Bunlara misal olaraq, günəş panellərinin səmərəliliyin artırılması və çox yönlü imkanlar verməsini göstərə bilərik. Günəş panellərinin idarə edilməsində fərqli məqsədlərə uyğun olaraq müxtəlif mikrokontrollerlərdən istifadə olunur.

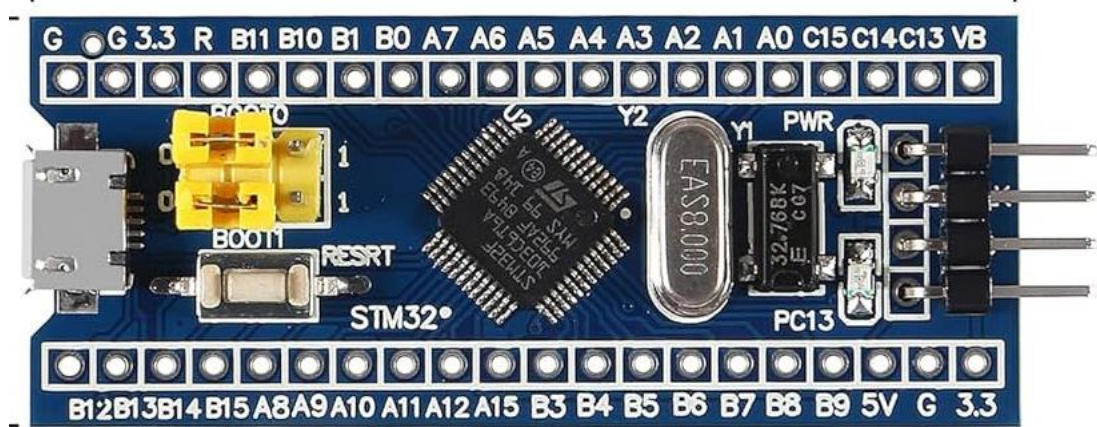
ESP32 və ThingSpeak istifadə edən IoT əsaslı günəş enerji monitorinq sistemi: Bu sistemin köməyi ilə real vaxt rejimində günəş panelinin çıxış gücünün monitorinqi mümkündür. Bu sistem ESP32 mikrokontrolleri əsasında qurulur. Bununla yanaşı olaraq sistem xüsusi ölçmə üsulları ilə panelin temperaturunu, çıxış gərginliyi və cərəyanını ölçərək, panelin təhlükəsiz işləməsini təmin edir. Məlumatların uzaqdan izlənməsi üçün isə ThingSpeak bulud xidməti yaradılır. Thingspeak platforması Şək. 1.12 -də əks olunmuşdur.



Şək. 1.12. ThingSpeak bulud xidməti

STM32 əsasında qurulmuş günəş izləyici sistemi: Günəş izləyicisini dizayn etmək üçün STM32 mikrokontrolleri əsasında işıq həssas rezistor (LDR) sensorundan istifadə edilir. Sensorların köməyi ilə izləyici günəş panellərinin daim günəşə

istiqlal olmasını təmin edərək onların səmərəliliyini artırır (Иванов В.Б, 2016, R. Kansal, 2009). STM32 mikrokontrollerli dövrə modulu Şək. 1.13 -də göstərilmişdir.



Şək. 1.13 STM32 mikrokontrollerli modul

Mikrokontroller əsaslı maksimum güc nöqtəsi izləmə (MPPT) sistemi: Fotovoltaik panellərin elektrik enerjisi istehsalı insolyasiya və temperaturla sıx bağlıdır. İnsolyasiya və temperatur gün ərzində sabit olmadığı üçün günəş panellərinin elektrik enerji istehsalı stabil formada olmur. Buna görə də ən yüksək nəticəni vermək üçün maksimum güc nöqtəsi izləmə (MPPT) üsulları istifadə olunur. MPPT prosesi güc elektron dövrəsi vasitəsi ilə həyata keçirir və o, fotovoltaik panellər ilə batareyalar arasında gərginlik uyğunsuzluğu problemini aradan qaldırır. Batareyanın doldurulmasına nəzarət sistemi mikrokontroller əsasında aparılır. Bu sistem PIC16F877A mikrokontrolleri, gücləndirici tipli DC-DC konvertoru, yük müqaviməti və qurğuşun turşusu akkumlyatordan ibarətdir. MPPT sistemi batareyanın yüklənməsi və boşalmasına nəzarət alqoritmləri mikrokontrollerə yazılmış proqram tərəfindən yerinə yetirilir. O, bununla akkumlyatordan dolum müddətini azaltmağa və dəyişən günəş şüaları altında günəş panelinin səmərəliliyini artırmağa kömək edir (Сажнев А. М. 2019).

II FƏSİL. GÜNƏŞ BATEREYALARININ EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASINDA SENSORLU İZLƏYİCİ SİSTEMLƏRİN QURULMASI

2.1. Sensorların növləri, xarakteristikaları və əsas parametrləri

Sensorların müxtəlif növləri müxtəlif məqsədlər üçün istifadə olunan bir çox texnologiyaları özündə ehtiva edir. Bəziləri səs, işıq, temperatur, yağış, hava təzyiqi və s. kimi fiziki kəmiyyətləri ölçür. Hər bir sensorun öz xüsusiyyətləri və parametrləri var, məsələn, həssasiyyəti, ölçmə aralığı, müəyyənlik dərəcəsi və s.

Sensorların parametrləri müxtəlif sensor növləri üçün dəyişir, lakin əsas parametrlər arasında aşağıdakılar yer alır:

1. Həssaslıq-sensorun dəyişiklikləri dəqiq şəkildə qeyd etmə qabiliyyəti.
2. Ölçmə aralığı-sensorun ölçmə qabiliyyətindəki minimum və maksimum dəyərlər arasındakı məsafə.
3. Sənaye standartları-məsələn, ISO standartları, sensorun texniki göstəriciləri və istehsal prosesləri üçün tələblər.
4. Müəyyənlik dərəcəsi.
5. Doğruluq-sensorun ölçmə qiymətlərinin həqiqi qiymətlərə nə qədər yaxın olduğu.
6. Tezlik-sensorun məlumatları toplamaq üçün hansı sürətlə işləyə bilməsi.
7. Sensorun istifadə olunan mühit və tətbiq sahəsinə uyğun olub olmadığı.

2.2. Mikrokontroller əsaslı sensor izləmə sisteminin qurulma prinsipinin araşdırılması.

Mikrokontroller əsaslı sensor izləmə sistemi, sensorlardan aldığı məlumatları işləyərək müəyyən funksiyaları yerinə yetirir. Bu sistemlər geniş tətbiq sahələrinə malikdir. Sistemin əsas prinsipləri sensorların məlumatları toplaması, mikrokontroller vasitəsilə bu məlumatların işlənməsi və ardından nəzarət və ya monitoring funksiyalarının icrasındır. Bu, istifadə olunan sensor növünə və tələblərə görə dəyişə bilər. Məsələn, temperatur sensoru səthdəki temperaturu ölçə bilər və bu məlumatı

mikrokontrollerə göndərərək belə çeşidləndirə bilər: bildiriş verilməsi, cədvələ daxil edilməsi və s. (Əhmədov R.M. 2015).

İzləmə sisteminin əsas üstünlüyü gün ərzində, xüsusilə də günəşin doğumu və qürubu anlarında günəş enerjisinin toplanmasıdır.

Bundan əlavə, konsentrasiya səviyyəsi nə qədər yüksək olarsa, bir o qədər izləmə sisteminin dəqiqliyi çox olmalıdır. Belə ki, düz şüalanmadan alınan enerji yüksək, enerjinin cəmləşdiyi sahə isə kiçik olur.

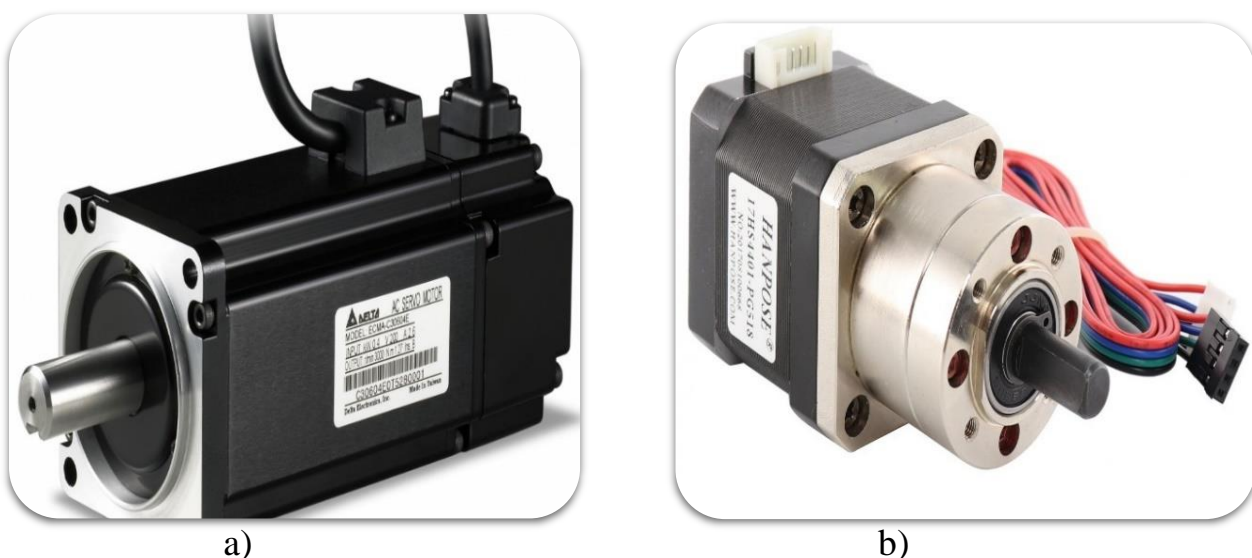
İzləyici sistemin bir çox müxtəlif konfigurasiyaları mövcuddur. İzləyici əsasən aşağıdakı elementlərdə hazırlanır:

1. dəstək hissəsi və ya bünövrə, hərəkət edən hissə. Hərəkət edən hissənin köməyi ilə üfüqi, şaquli və ya kombinə edilmiş formada oxun fırlanmasını təmin etmək mümkündür;
2. aktuator adlanan mühərriklərdən ibarət hərəkət edən hissəni idarə etmək üçün qurğu;
3. daxilində idarəetmə və təhlükəsizlik sistemləri, stabilizatorlar, ildırımından mühafizə və meteoroloji stansiyanı cəmləşdirən müxtəlif sistemlər;
4. enerji sistemlərinin quraşdırılması və texniki xidməti üçün nəzərdə tutulan idarəetmə sisteminin kontrollerləri;
5. statik məlumatlarının ötürülməsi və sistemin monitorinqi üçün istifadə edilən, internetə çıxışa malik olan marşrutlaşdırıcılar;
6. coğrafi koordinatları müəyyən etmək üçün naviqasiya sistemləri. Stasionar izləyicilərdə naviqasiya sistemi nadir hallarda istifadə olunur. Adətən, quraşdırma zamanı təchizatçı enin, uzunluğun qiymətlərini və izləyicinin dəniz səviyyəsindən yerləşdiyi hündürlüyü təyin edir;
7. mikroinvertorlar və ya invertorlar. Bunların köməyi ilə sabit gərginlik (DC), dəyişən gərginliyə (AC) çevrilir. İnvertorlar adətən bina daxilində bütün sistem üçün ayrıca quraşdırılır (R.A. Ferdaus, M.A. Mohammed, S. Rahman, S. Salehin, and M.A.Mannan, 2014).

Çox vaxt izləyicinin tam komplektə olunması iqtisadi cəhətdən sərfəli olmadığından, bu elementlərin əksəriyyətini quraşdırmırlar.

İzləyici sistem dizayn edilərkən nəzərə alınmalı əsas göstəricilərdən biri də izləyici sistemin etibarlılığıdır. Sistemin güclü küləklərə dayanıqlı olması vacibdir. Faydalı yük sahəsinin artması ilə (günəş panellərinin və ya kollektorların) külək axını xeyli artır. Günəş panellərinin çəkisi də mühüm rol oynayır. İzləyici sistemin ölçülərinin artması, yükün izləyiciyə yenidən paylanması tələbi ilə əlaqədardır.

İzləyicilərdə aktuatorlar kimi müxtəlif növ mühərriklər istifadə edilə bilər: xətti, pilləli, servomühərriklər. Servomühərrik ilə pilləli mühərrikin müqayisəsi Şək. 2.1 -də göstərilmişdir:



Şək. 2.1. Servomühərrik (a) ilə pilləli mühərrik (b)

Servomühərrikin əsas texniki göstəriciləri:

1. **Etibarlılıq:** Müasir kollektorsuz (fırçasız) mühərriklərin əksəriyyəti pilləli mühərriklə müqayisədə daha yüksək etibarlılığa malikdir.
2. **Addım effektinin itməsi:** Müşahidə olunmur.
3. **Yerdəyişmə sürəti:** $0.5 \div 1$ m/san
4. **Dinamik dəqiqlik:** $1 \div 2$ mkm və yuxarı.
5. **Qiymət:** Pilləli mühərrikə nəzərən daha bahalı rotor mövqeyli sensorlar.

Pilləli mühərrik əsas texniki göstəriciləri:

1. Etibarlılıq: Yüksək etibarlılıq səviyyəsinə malikdir. İşləmə müddəti valın oturduğu dayağın keyfiyyətindən asılıdır.

2. Addım effektinin itməsi: Yüksək yüklə çalışdığı zaman addımların itməsi rast gəlinir.

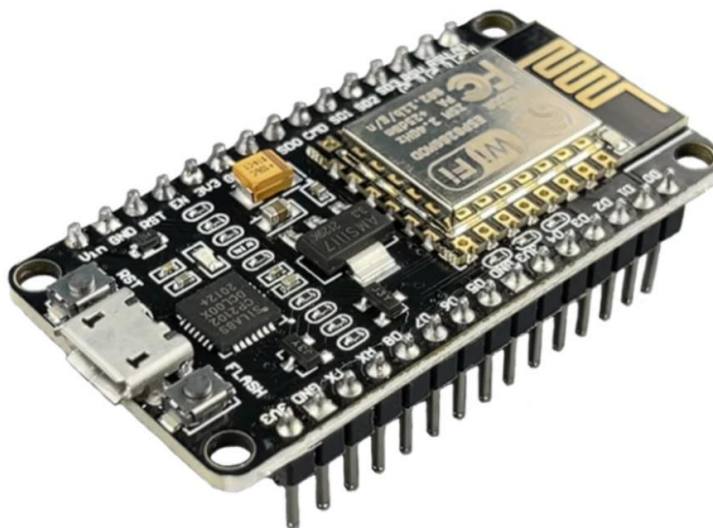
3. Yerdəyişmə sürəti: 150÷300 mm/san

4. Dinamik dəqiqlik: 20mkm.

5. Qiymət: Elektrik mühərriklərinə nəzərən daha bahalı.

2.3. Mövcud şəraitə uyğun komponentlərin və avadanlıqların seçilməsi

NodeMCU açıq mənbəli, üzərində ESP8266 modulu olan kiçik ölçülü elektron lövhədir. Bu mikrokontroller platformasının istifadə sahəsi kifayət qədər genişdir. Üzərindəki ESP8266 Wifi modulu sayəsində asanlıqla internetə qoşula bilir, bu xüsusiyyət sayəsində uzaqdan idarəetmə və IoT layihələrində geniş istifadə olunur. Bundan əlavə, az enerji sərf etdiyi üçün enerji istehlakının vacib olduğu layihələrdə üstünlük verilir. NodeMCU kartı ilə bir çox uzaqdan idarəetmə layihələri həyata keçirilə bilər. Məsələn, uzaqdan temperatur və rütubətə nəzarət və ya uzaqdan RGB LED nəzarəti kimi göz oxşayan layihələr edilə bilər. NodeMCU mikrokontroller platformasının dövrə modulu Şək. 2.2- də əks olunmuşdur.



Şək. 2.2. NodeMCU mikrokontroller platforması

ESP8266 lövhəsi Mikro USB kabel ilə işləyir və əvvəlcədən lehirlənmiş şəkildə gəlir. Lövhə Micro USB bağlantısı vasitəsilə və ya 5V tənzimlənən xarici enerji təchizatı (VII pininə qoşulmuş) vasitəsilə qidalana bilər. ESP8266 modulu həmçinin PC ilə digər mikro nəzarətçilərlə əlaqə saxlamaq üçün müxtəlif funksiyalara malikdir və CP2102 USB-dən TTL mikroçipindən istifadə edir. Bu, WiFi qabiliyyətli mikrokontroller və Arduino proqramlaşdırma dilini öyrənmək üçün ən yaxşı yollardan biridir.

Pilləli mühərrik - fırlanma hərəkəti ilə elektrik enerjisini fiziki enerjiyə çevirən və addımlarla bucaq vəziyyətini dəyişə bilən elektromexaniki motordur. Pilləli mühərrik stator sarımları ilə əhatə olunmuş bir rotordan və daimi maqnitdən ibarətdir. Stator sarımından cərəyan keçdikdə, rotor maqnit sahəsi daxilində bucaq altında fırlanmağa başlayır, nəticədə stator sarımında daimi maqnitləşmə baş verir (Белоус А.И. 2013). Baş verən hər bir elektromaqnit impuls stepper adlanır və pilləli mühərriklərin iş prinsipini təşkil edir. Müxtəlif ölçülü pilləli mühərriklər Şək. 2.3 -də göstərilmişdir .

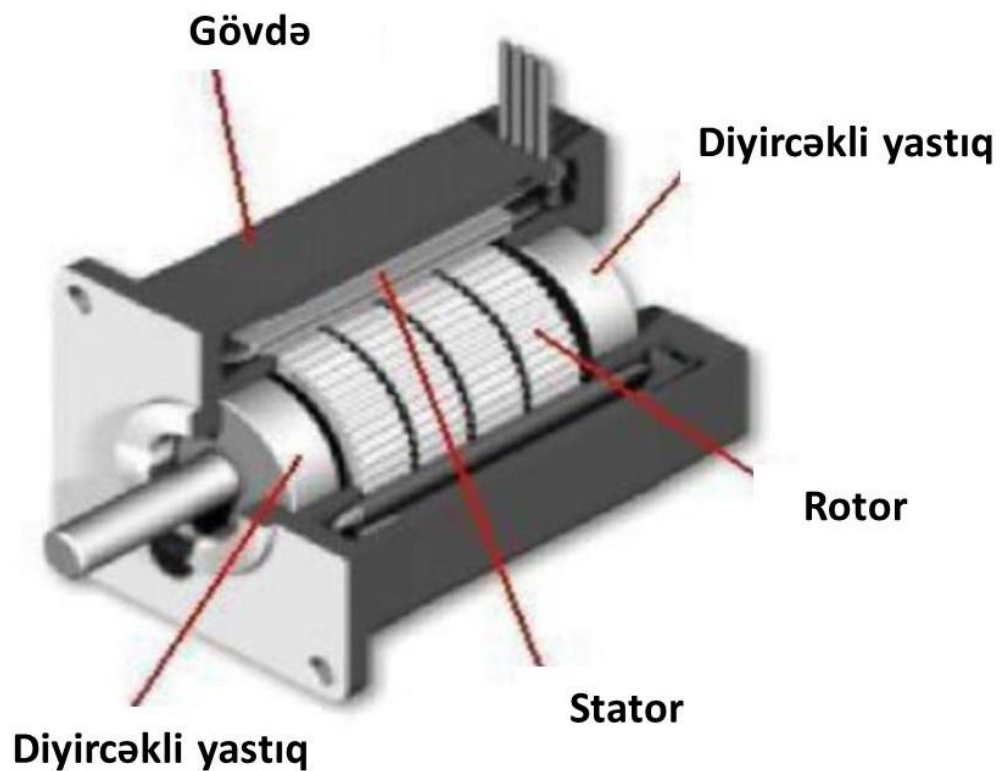


Şək. 2.3. Müxtəlif ölçülü pilləli mühərriklər

Pilləli mühərrik, həmçinin addım mühərrikləri kimi tanınır; sürətli, xətti və dəqiq hərəkət tələb olunan sistemlərdə istifadə olunan fırçasız DC elektrik mühərrikidir. Pilləli mühərrik saatın saniyə əqrəbi kimi işləyir, hər dəfə müəyyən bucaq altında hərəkət edir. Pilləli mühərrikin quruluşu Şək 2.4 – də əks olunmuşdur.

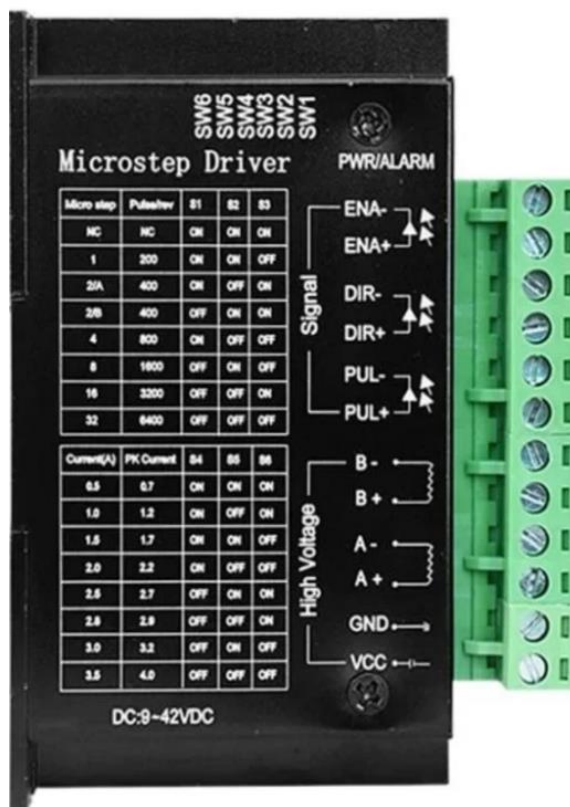
Pilləli mühərrikin strukturu:

- ✓ Stator: Pilləli mühərrikin hərəkətsiz və sarğılardan ibarət hissəsidir.
- ✓ Rotor: N və S dirəklərindən və daimi maqnitdən ibarət hərəkət edən hissədir.
- ✓ Üst qat(gövdə): Mühərriki xarici təsirlərdən qoruyan və soyumasına yardım edən hissədir.
- ✓ Diyircəkli yastıq: Hərəkətin ötürülməsini təmin edən hissədir ki, addım mühərriklərinə mümkün olan ən az sürtünmə ilə, yəni gücdən ən az güzəştə verilməlidir.



Şək 2.4. Pilləli mühərrikin quruluşu

Pilləli mühərrik sürücüsü, pilləli mühərrikləri gücləndirən, idarə edən və üzərində nəzarəti təmin etmək üçün istifadə olunur. Əslində, step motor driver step motora öz funksiyalarını yerinə yetirə bilməsi üçün əmrlər verməyə xidmət edir. Bu cihaz mühərriki müəyyən "addımlar" ilə döndərməyə imkan verir və beləliklə, istənilən vəziyyətdə dayanır. Bu xüsusiyyət addım mühərriklərin və driverləri dəqiq yerləşdirmə tələb edən bir çox tətbiqlərdə əvəzolunmazdır (Carl K.S. , Paolo M. 2010). Pilləli mühərrik sürücüsü Şək. 2.5- də əks olunmuşdur.



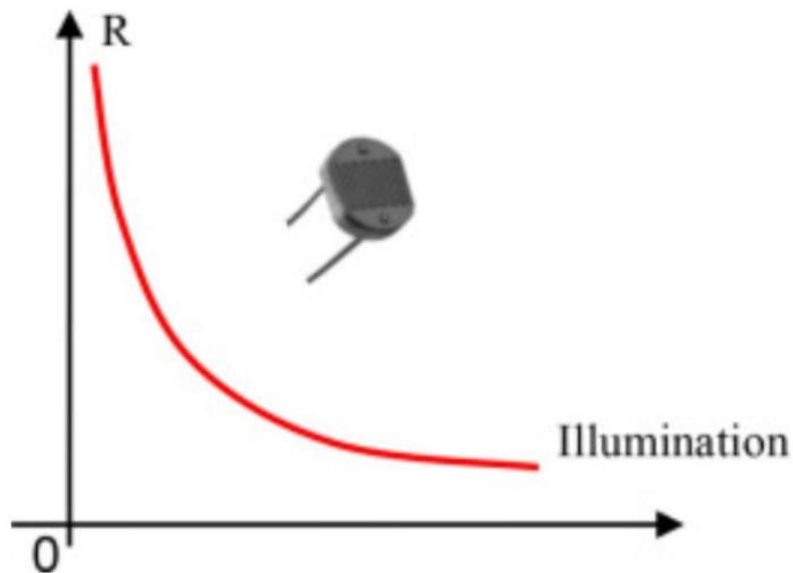
Şək. 2.5. Pilləli mühərrik sürücüsü

Jumper (naqillər), elektrik cərəyanını ötürmək üçün bir elektrik dövrəsindəki iki naqili və ya kontaktı birləşdirən bir keçiricidir. Bu elementlər təhlükəsiz elektrik ötürülməsinə təmin edir. Naqillərdə keçiriciliyi təmin etmək üçün misdən istifadə olunur. Naqillər Şək. 2.6 – də əks olunmuşdur.



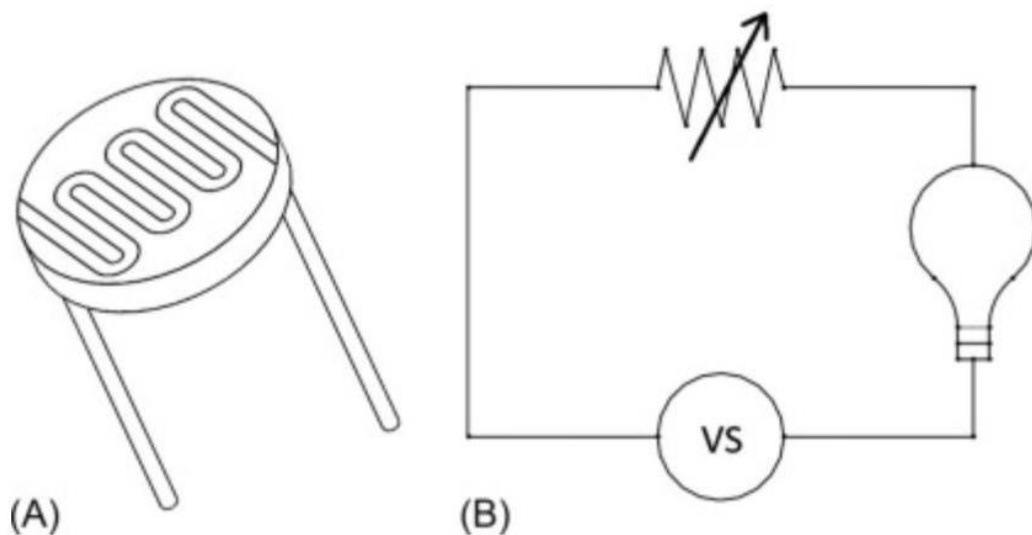
Şək. 2.6. Naqillər

Fotorezistor, işıq şüasının təsiri ilə müqavimətini dəyişən sensordur. Yaranan müqavimət onun səthinə dəyən işıqdan asılı olaraq dəyişir. Səthə düşən işığın yüksək intensivliyi daha aşağı müqavimətə, işığın aşağı intensivliyi isə daha yüksək müqavimətə səbəb olur. Fotorezistorun müqavimətinin temperaturdan asılılığı Şək. 2.7 – də əks olunmuşdur (Muhammad H.R., 2014, Watkins T., 2011).



Şək. 2.7. Fotorezistorun müqavimətinin temperaturdan asılılığı

İşığa bağlı rezistorlar (LDR) kimi də tanınan fotorezistorlar işığın varlığını və ya olmamasını göstərmək və ya işığın intensivliyini ölçmək üçün ən çox istifadə olunan işığa həssas elementlərdir. Qaranlıqda onların müqaviməti çox yüksəlir, bəzən 1 MΩ-ə qədərdir, lakin LDR sensoru işığa məruz qaldıqda, işığın intensivliyindən asılı olaraq müqavimət kəskin şəkildə azalır. LDR-lər tətbiq olunan işığın dalğa uzunluğuna görə dəyişən həssaslığa malikdir və qeyri-xətti elementlərdir. Onlar bir çox sistemlərdə istifadə olunur. Bəzi ölkələr ekoloji təhlükəsizlik baxımından qurğuşun və ya kadmiumdan hazırlanmış LDR-ləri qadağan etmişdir. Fotorezistor və şərti işarəsi Şək. 2.8, (a) və (b)- də əks olunmuşdur.



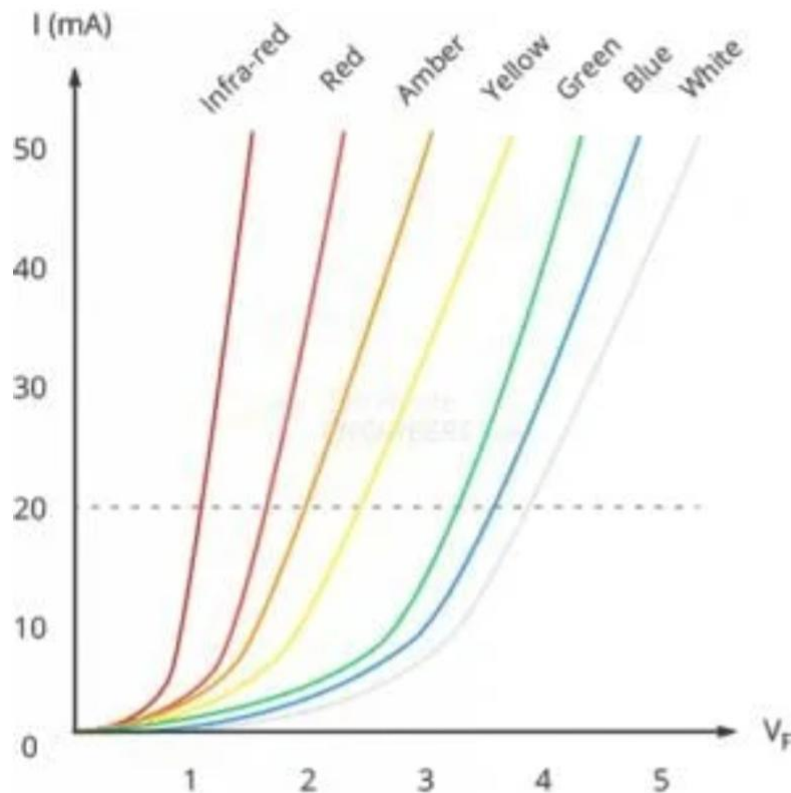
Şək. 2.8. Fotorezistor (a) və dövrə sxemi (b)

3D printer- Kompüter mühitində hazırlanmış 3D modeli fiziki obyektə çevirməyə, yəni istehsal etməyə imkan verən elektron qurğudur. 3D çap texnologiyası ilə lazım olan aparatı çap edə, 3D skanerlə skan etdiyimiz obyektə çap edə, çəkdiyimiz dizaynın prototipini yarada bilərik. 3D printerlərin işləməsi üçün 3D model və dizayn lazımdır. AutoCAD, Solidworks, 3DsMax kimi CAD (Kompüter Dəstəklə Dizayn) proqramı ilə kompüterdə hazırlanmış çertyojlar və ya 3D skanerlə skan edilmiş obyektlər '.stl' genişlənməsinə ixrac edilir. 3D printer '.stl' uzantılı faylı aşkar edir və çap prosesini həyata keçirir.

LED işıq yayan diod deməkdir. Elektrik enerjisini işığa çevirmə qabiliyyətinə malikdirlər. Elektron cihaz işıq saçarsa arxasında bir LED olduğu anlayışına gəlirik. Diod LED-ləri kiçik lampalara bənzəyir. Aşağı enerji sərfiyyatı, kiçik ölçü, sürətli qoşulma və uzun ömür müddəti onu mobil cihazlar və digər aşağı güc tətbiqləri üçün ideal edir. Adi bir diod kimi, LED yalnız əyilmə şəraitində işləyir. LED irəli əyildikdə, sərbəst elektronlar PN qovşağından keçir və deşiklərlə yenidən birləşir. Bu elektronlar daha yüksək enerji səviyyəsindən aşağı enerji səviyyəsinə düşdükcə fotonlar (ışıq) şəklində enerji yayırlar. Adi diodlarda enerji istilik kimi, LED-lərdə isə işıq kimi yayılır. Bu təsir elektroluminesans adlanır.

İşıq yayan diodlar (LED) qırmızı, yaşıl, sarı, mavi, narıncı, ağ, ultrabənövşəyi və infraqırmızı işıq daxil olmaqla geniş rəng diapazonunda istehsal olunur. Germanium və ya silikondan hazırlanmış adi diodlardan fərqli olaraq, LED-lər qallium, arsen və fosfor kimi elementlərdən hazırlanır.

Əksər LED-lər 10mA ilə 30mA arasındakı cərəyanlar üçün 1.2V-dən 3.6V-a qədər istifadə edir. Gərginliyin dəqiq işləmə dəyəri, əlbəttə ki, istifadə olunan yarımkeçirici materialdan, rəngdən, dözümlülükdən və digər amillərdən asılı olacaq. LED əsasən bir diod olduğundan, onun Volt və milliamperdəki dəyəri rənglərə görə qrafik olaraq aşağıda göstərilmişdir. LED-lərin VAX-1 Şək. 2.9 - də əks olunmuşdur.



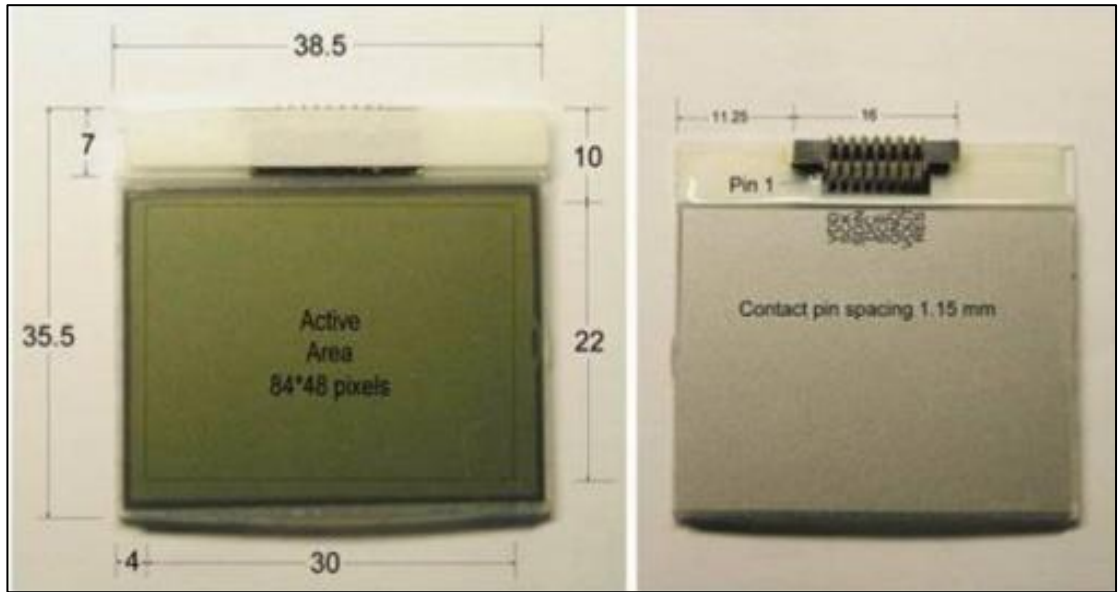
Şək. 2.9. LED-lərin VAX-1

Nokia 3310 LCD monitoru - kompüterin USB-yə bağlayaraq ekrana yazı yazmaq üçün istifadə olunur. LCD-nin yaddaş strukturu $6 \times 8 \times 84$ bitdir. (48×84)

$6 \times 8 \times 84$ bit -i istədiyimiz verilənlərlə doldursaq, doldurulma sürətinə uyğun olaraq ekranda formalar görünəcək. Məsələn, ilkin parametrləri etdikdən sonra $0xFF$ dəyərini LCD-yə məlumat kimi göndərdiyimiz zaman ekranın 0×8 sahəsində düz bir xətt görürük (Sandeep K. and Vijay G., 2013).

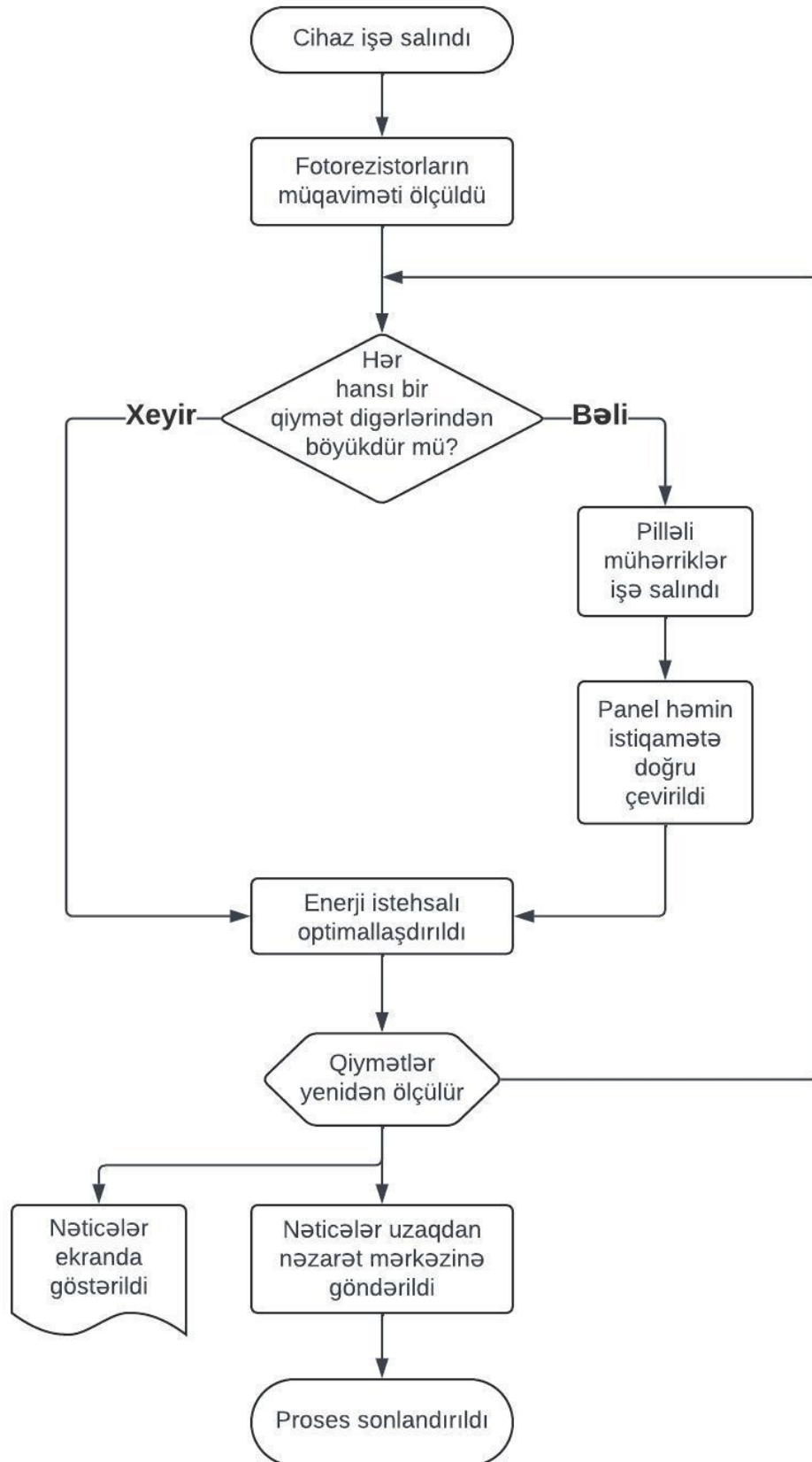
LCD-də mətni çap etmək üçün əvvəlcədən ASCII ardıcılığını təyin edərək, hərfləri istədiyimiz kimi çağıra və asanlıqla çap edə bilərik.

LCD-də şəkil çap etmək üçün üçün massivlər də eyni şəkildə yaradılmalı və bu massivlərin ölçüsü $84 \times 6 = 504$ bitdən çox olmamalıdır. Bu tərifi əl ilə bir-bir etmək çox çətin olacağından FastLCD kimi proqramlardan istifadə etməklə işinizi daha da asanlaşdıracaqsınız. İlk növbədə ölçü parametrlərində eni 84, hündürlüyü 48 olmalıdır. Nokia 3310 LCD monitoru Şək. 2.10 -də əks olunmuşdur.



Şek. 2.10. Nokia 3310 LCD

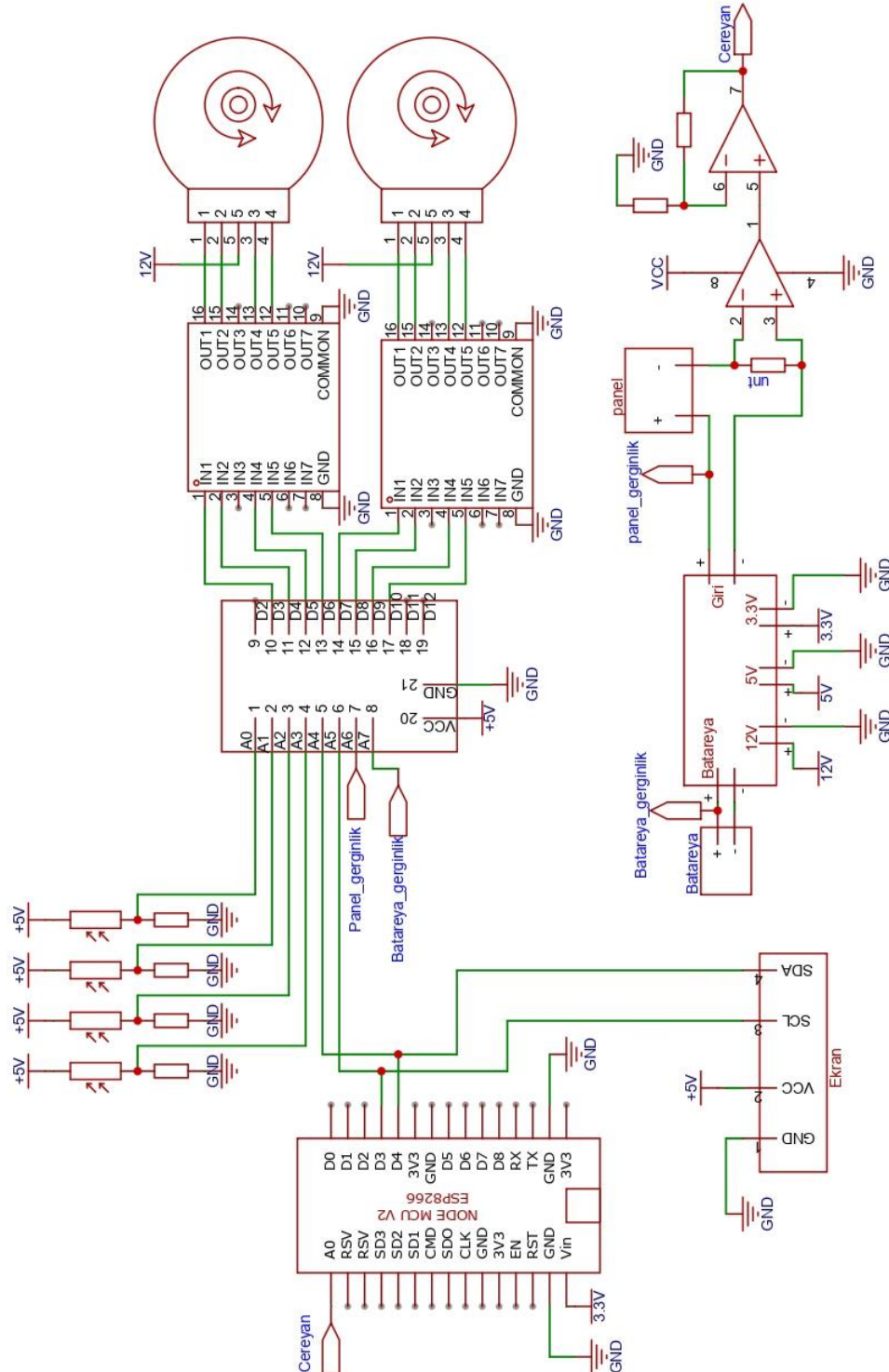
2.4. Sensor sisteminin idarəetmə alqoritminin işlənməsi



III FƏSİL. SENSORLU İZLƏYİCİ SİSTEMİN MİKROKONTROLLERLİ İDAƏRƏETMƏ SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİ

3.1. Qurğunun sxeminin işlənməsi

Qurğunun sxemi Proteus proqram paketində qurulmuşdur (Bodur, H., 2004, Bodur, H. 2003, Pressman A., Billings K. and Morey T., 2009).



Sxem 3.1. Mikrokontroller əsasında sensorlu izləyici sistemin prinsiplial elektrik sxemi

3.2. Məlumat ötürmə metodunun seçilməsi və əsaslandırılması (simli, simsiz)

“Günəş batareyalarının səmərəliliyinin artırılması üçün mikrokontroller əsasında sensorlu izləyici sistemin işlənməsi” mövzusunda hazırlanmış lahiyədə sistemin cari zaman anında hasil etdiyi enerjinin miqdarı, cihazın vəziyyəti kimi mühüm məlumatların məsafədən izlənməsi məqsədi qarşıya qoyulmuşdur. Çünki sistemin tətbiq ediləcəyi mobil vasitələrin bəziləri, şübhəsiz ki, texnologiyanın gələcək inkişaf perspektivlərini nəzərə alaraq, pilotsuz idarəetməyə malik olacaqdır. Bundan əlavə, məlumatların mərkəzi serverə ötürülməsi, sistemin işinin tədqiq və gələcək optimallaşdırma proseslərinin aparılması üçün də zəruri hesab olunur.

Məlumatların ötürülməsində simli texnologiya öz psesifik xüsusiyyətlərinə görə hələ ən mühüm variant hesab olunur. Bu xüsusiyyətlər aşağıdakılardır:

- Yüksək ötürmə sürəti;
- Təhriflərin nisbətən aşağı olması;
- Kənar müdaxilə və sistemə sızma imkanlarının aşağı olması;
- Aparat təminatının nisbətən ucuz başa gəlməsi.

Bu sadalanan xüsusiyyətlərə baxmayaraq, texnologiyanın mövcud inkişafı və texnikanın tətbiq situasiyaları informasiyanın simsiz ötürülməsi variantının tətbiqini daha çox təşviq edir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, bu sistemin mobil vasitələrdə tətbiqi nəzərdə tutulmuşdur. Belə olan halda, məlumatların ötürülməsi prosesində simli ötürmə metodundan söhbət gedə bilməz. Həmçinin, son dövrdə informasiya texnologiyaları və açıq mənbəli rəqəmsal platformaların yüksək inkişafı, bu sistemdə simsiz ötürmə metodunun tətbiqin daha doğru bir seçim olduğunu sübut edir.

Mikrokontrollerli izləyici sistemdə məlumatların ötürülməsi üçün rəqəmsal inkişaf platforması olan “NodeMCU” – dan, sistemə 7/24 məsafədən nəzarət etmək üçün isə “Thinkspeak” platformasından istifadə ediləcəkdir.

3.3 . İdarəetmə və monitoring proqramının işlənməsi

Mikrokontrollerin idarəetmə proqramı (Uğur D. 2016).

```
#include <ESP8266WiFi.h>
String apiKey = "MQPOS4G1K0I1IYMC";
const char *ssid = "WHUSER";
const char *pass = "159753123";
const char* server1 = "api.thingspeak.com";
WiFiClient client;

int current_state = 0;
int previous_state = 0;
int condition_1 = 0;
int condition_2 = 0;
unsigned long zaman = millis();
unsigned long kecen_zaman = millis();
unsigned long ferq = millis();
unsigned long one_cycle_time = millis();
unsigned long sensor = millis();
unsigned long normal_isleme_zamani = millis();
unsigned long min_isleme_saniye = millis();
float Amper = 0.00;
int yoxlama = 0;
int yoxlama_1 = 0;
int volt = 950;
int min_volt = 410;
int pozisiya = 0;

void setup() {
```

```
min_isleme_saniye = (18000000.00 / min_volt) + 1000;
pinMode(2, INPUT);
Serial.begin(9600);
WiFi.begin(ssid, pass);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
}
}

void loop() {

  current_state = digitalRead(D2);

  if (current_state != previous_state) {

    if (current_state == HIGH) {
      condition_1 = 1;
      Serial.println("falling_edge_detected");
    }

    if (current_state == LOW) {
      condition_2 = 1;
      Serial.println("Rising_edge_detected");
    }

    previous_state = current_state;
  }

  zaman = millis();
  one_cycle_time = zaman - kecen_zaman;
```

```
if (condition_1 == 1 && condition_2 == 1) {
    zaman = millis();
    ferq = zaman - kecen_zaman;
    Amper = (60000.000 / ferq) * 300.000;
    Serial.print("deqiqed ");
    Serial.println(Amper);
    Serial.println(ferq);
    condition_1 = 0;
    condition_2 = 0;
    kecen_zaman = zaman;

    if (Amper < volt && Amper > min_volt /* && yoxlama == 0*/ ) {
        pozisiya = pozisiya + 2;
        yoxlama_1 = 1;
        normal_isleme_zamani = normal_isleme_zamani + ferq;
        Serial.println("faktiki");
        Serial.print("amper");
        Serial.println(normal_isleme_zamani);
    }
    if (yoxlama == 1) {
        sensor = sensor + ferq;
        yoxlama = 0;
    }
    if ( Amper < min_volt) {
        sensor = sensor + ferq;
        Amper = 0;
    }
}
```

```
}

```

```
if (one_cycle_time > min_isleme_saniye ) {

```

```
    yoxlama = 1 ;

```

```
    yoxlama_1 = 1;

```

```
    sensor = sensor + one_cycle_time ;

```

```
    Serial.print("sensor ");

```

```
    Serial.println(sensor);

```

```
    Serial.print("min_isleme_san ");

```

```
    Serial.println(min_isleme_saniye);

```

```
    kecen_zaman = zaman;

```

```
    Amper = 0;

```

```
}

```

```
if (yoxlama_1 == 1) {

```

```
    yoxlama_1 = 0;

```

```
    if (client.connect(server1, 80)) {

```

```
        String postStr = apiKey;

```

```
        postStr += "&field1=";

```

```
        postStr += String(Amper);

```

```
        postStr += "&field2=";

```

```
        postStr += String(pozisiya);

```

```
        postStr += "&field3=";

```

```
        postStr += String(normal_isleme_zamani/60000);

```

```
        postStr += "&field4=";

```

```
        postStr += String(sensor/60000);

```

```
        postStr += "\r\n\r\n";

```

```
        client.print("POST /update HTTP/1.1\n");

```

```
        client.print("Host: api.thingspeak.com\n");

```

```
client.print("Connection: close\n");
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\n");
client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
client.print("Content-Length: ");
client.print(postStr.length());
client.print("\n\n");
client.print(postStr);
}
client.stop();
}
}
```


3.4. Layihənin mövcud şəraitə inteqrasiyası

Günəş izləyici sistemlər, günəş panellərinin ən yaxşı istiqamətə yönəldilməsi vasitəsi ilə daha çox güc hasil etməsinə imkan verir.

Günəş izləyici sistemlər, mərkəzi enerji şəbəkəsinə olan bağlılığı azaldır və müstəqil enerji istifadəsini təmin edir. Bu, yerli enerji istehsalının artırılmasına və enerji təhlükəsizliyinin fərdiləşdirilməsinə kömək edir.

Günəş izləyici sistemlər, yenilənəbilən enerji mənbələrinə daha çox tərəfdaşlığı təşvik edir. Bu, üzvi yanacaqların istifadəsinin azalmasına və atmosfərə atılan karbon emissiyalarının azalmasına kömək edir.

Günəş izləyici sistemlərdən istifadənin günəş panellərinin enerji istehsalını artırması aydın məsələdir. Yalnız bəzi yerlərdə istifadəsi dahada əhəmiyyət kəsp edir. Bunlara misal olaraq, şəbəkədən kənar ərazilər, kosmik araşdırmalar və elektrik enerjisi ehtiyacı olan avtomobilləri göstərə bilərik (Silinto B. F. 2015).

Şəbəkədən kənar ərazilər, dedikdə, şəhər mərkəzlərindən uzaq yerləşən kəndlər, kəmp əraziləri və telekommunikasiya qüllələri nəzərdə tutulur. Elektrik şəbəkəsinə çıxışı olmayan ucqar kəndlər və ya yaşayış məntəqələri günəş enerjisi ilə işləyən şəbəkədən kənar sistemlər vasitəsilə işıqlandırma, rabitə, su çəkmə və əsas elektrik enerjisinə olan ehtiyaclarını ödəyə bilərlər. Günəş izləyiciləri bu sistemlərin səmərəliliyini artırır, günəş panelinin gün ərzində günəş işığından maksimum yararlanmasını təmin edir və bununla da enerji istehsalını maksimuma çatdırır (Попель O.C. 2018).

Uzaq ərazilərdəki telekommunikasiya qüllələri və rabitə stansiyaları şəbəkədən kənar günəş enerjisi sistemləri ilə təchiz oluna bilər. Günəş izləyiciləri bu cür sistemlərin enerji səmərəliliyini artırmaqla yanaşı kommunikasiya infrastrukturunun etibarlılığını və davamlılığını təmin edir. Kəmp əraziləri kimi müvəqqəti yaşayış yerlərində günəş panelləri daimi bir yerə sabit bağlı olmadığına görə günəş izləyici sistemlərdən istifadə böyük əhəmiyyət kəsp edir. Günəş batareyalarının hərəkət edən obyektlərdə tətbiqi Şək. 3.2 -də əsk olunmuşdur (Laidi M., Hanini S., Abbad B., Merzouk N.K. and Abbas M., 2012).



Şək. 3.2. Günəş bateriyalarının hərəkət edən obyektlərdə tətbiqi

Kosmik araşdırmalarda, kosmik maşınlarda və stansiyalarda enerji ehtiyacını qarşılamaq üçün istifadə olunur. Günəş izləyici sistemlər günəş işığını maksimum səviyyədə tutmasını imkan verərək kosmik vəsifələrin uğurlu şəkildə həyata keçirilməsinə kömək ola bilər. Günəş bateriyalarının kosmosda tətbiqi Şək. 3.3 – də əks olunmuşdur.



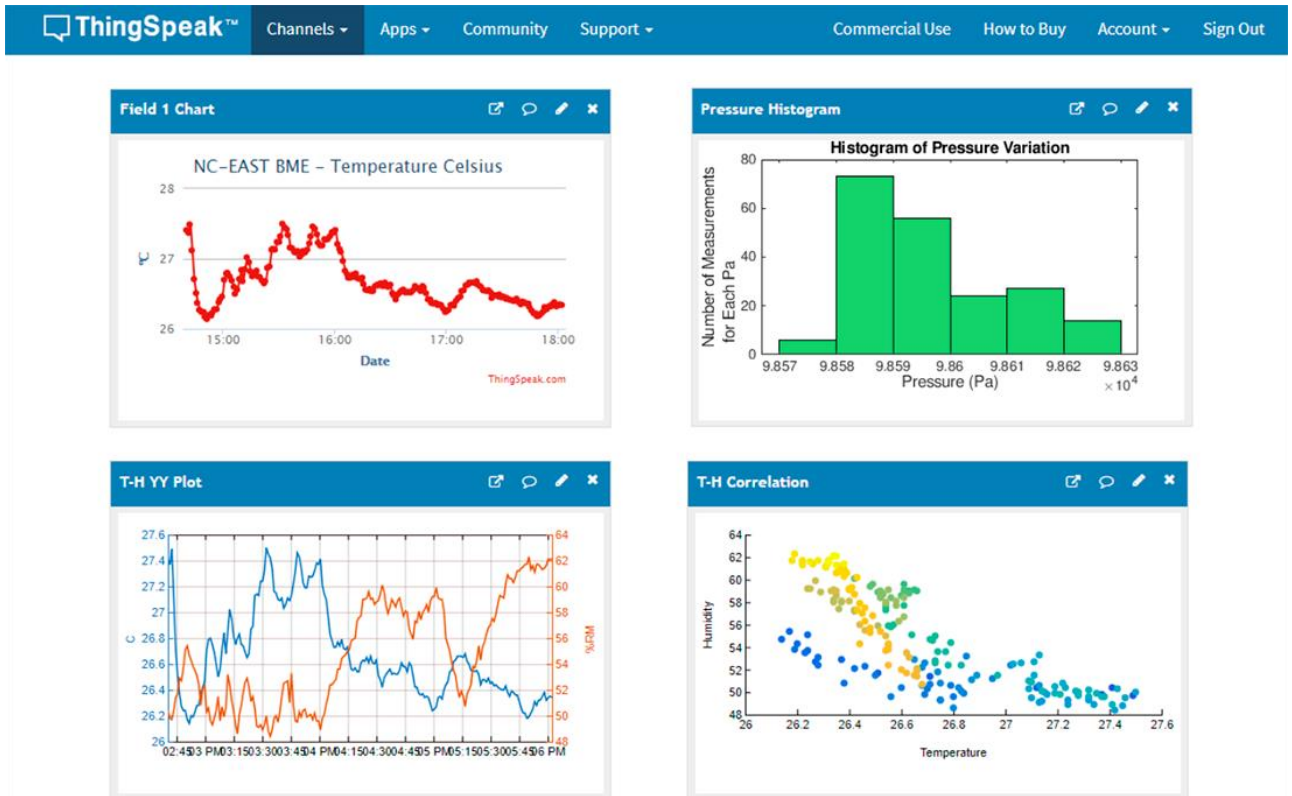
Şək. 3.3. Günəş bateriyalarının kosmosda tətbiqi

3.5. Məlumatların qorunması və məxfiliyin təmin edilməsi

Günümüzün dijital dünyasında, verilənlərin qorunması və məxfiliyi hər zamankindən daha vacibdir. İnternet, informasiya mübadiləsini sürətləndirir və bizim şəxsi və iş məlumatlarımızı hər zamankindən daha çox açıq hala gətirir.

Məxfilik, şəxsi və müəyyən verilənlərin qorunması haqqında olan inanclar və məqsədlər bütünüdür. Bu, fərdlərin hüquqlarını və məxfiliyini qoruyan qanunlar, siyasətlər və texnologiyaların tətbiqi ilə əlaqəlidir. İstifadəçilər, məxfilik prinsiplərinin dəstəkləndiyi və qorunduğu platformlara və xidmətlərə inam qoymalıdır. Verilənlərin qorunması üçün bir çox texnologiyalar mövcuddur. Bunlar, şifrələmə, biometrik məlumatlar, istifadəçi autentifikasiyası, və firewall kimi daxili və xarici təhlükəsizlik alətlərini əhatə edir. Şirkətlər və fərdlər, verilənlərin qorunması üçün bu texnologiyaları effektiv şəkildə tətbiq etməlidir (S. Sharma, K. Kumar Jain and A. Sharma, 2015).

Thingspeak, İnternetə qoşulmuş cihazlar üçün istifadə olunan bir IoT (İnternetə Qoşulmuş Cihazlar) platformasıdır. Bu platform, sensor məlumatlarını götürən, saxlayan, təhlil edən və paylaşan tətbiqlər yaratmağı mümkün edir. Thingspeak, Microsoft tərəfindən qurulmuş MATLAB şirkəti tərəfindən inkişaf etdirilir. Bu platform, müxtəlif sensor və cihazlardan gələn məlumatları qəbul edə bilər və istifadəçilərə istədikləri formada təqdim etmək üçün müxtəlif analiz və göstəricilər təmin edir (Hari B.K., Radhika A. and Kent B., 2010). Thingspeak, öz tənzimləmə imkanları ilə fərqli sənədlərdən ibarət olan və müxtəlif müştəri tələblərinə cavab verən açıq mənbə kodlu bir platformadır. Thingspeak platformasının pəncərələri Şək. 3.4 – də göstərilmişdir.

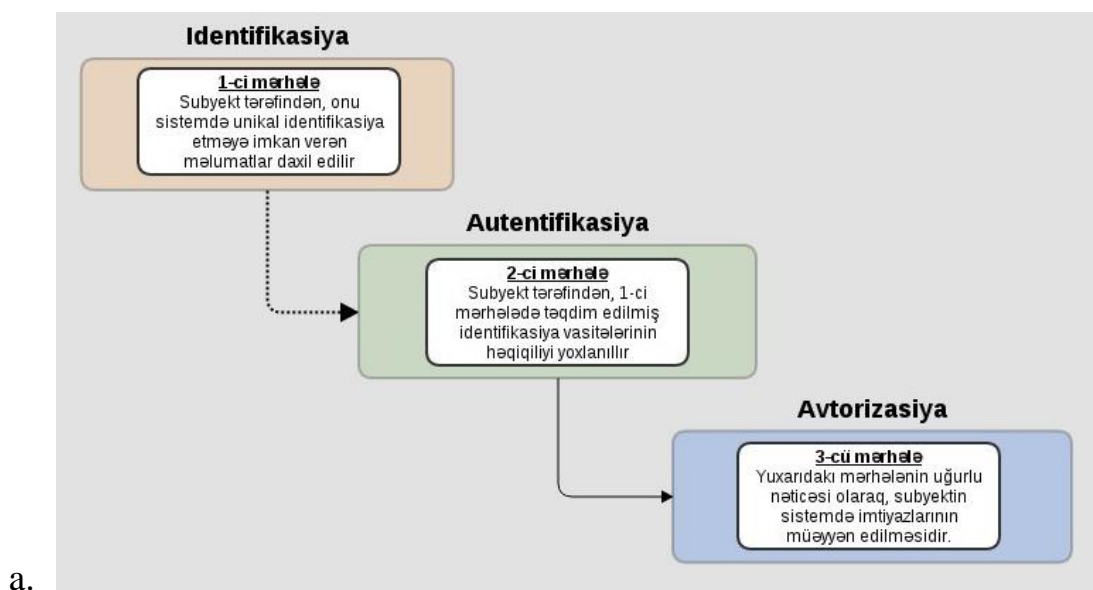


Şək. 3.4. Thingspeak platformasının pəncərələri

Thingspeak platforması, məxfilik və məlumatların qorunması üçün bir neçə əsas tədbir görməkdədir:

1. **SSL Şifrələnməsi:** Thingspeak, SSL (Secure Sockets Layer) şifrələməsini istifadə edir. **SSL Şifrələnməsi:** Thingspeak, SSL (Secure Sockets Layer) şifrələməsini istifadə edir. SSL (Secure Sockets Layer), internet əlaqələrində məlumatların təhlükəsiz şəkildə göndərilməsini təmin edən bir protokoldur. SSL, məlumatların şifrələnməsi və göndərilməsi zamanı məlumatların əlaqəli tərəflər tərəfindən oxuna bilməyəcək şəkildə şifrələnməsinə imkan verir. Bu, məlumatların hər hansı bir tərəf tərəfindən deşifrə olunması asan olmadığı üçün məlumatların müstəqil və təhlükəsiz bir şəkildə göndərilməsini təmin edir. SSL, internetdə təhlükəsiz məlumat transferi üçün standart bir protokoldur. SSL, məlumatların göndərilməsi zamanı iki tərəf arasında güvənilir bir şəkildə şifrələnməsini təmin edir və buna görə də məlumatların hər hansı bir tərəf tərəfindən qarışıq bir məzmun olmadan oxunmasını mümkün edir (Бирюков А.А. 2017).

2. **İstifadəçi Autentifikasiyası:** İstifadəçilər, hesab yarataraq və sistemə daxil olaraq Thingspeak platformasına giriş edir. İstifadəçi autentifikasiyası, internet və digər informasiya sistemlərində istifadəçilərin öz identitetlərini doğrulamaq məqsədi ilə aparılan prosesdir. Bu proses istifadəçinin doğru olub olmadığını təsdiqləmək üçün ad, şifrə, biometrik məlumatlar (səs, parmaq izi, ürək ritmi kimi) və ya digər doğrulama metodlarının istifadə edilməsini tələb edir. İstifadəçi autentifikasiyası Şək. 3.5 – də əks olunmuşdur.



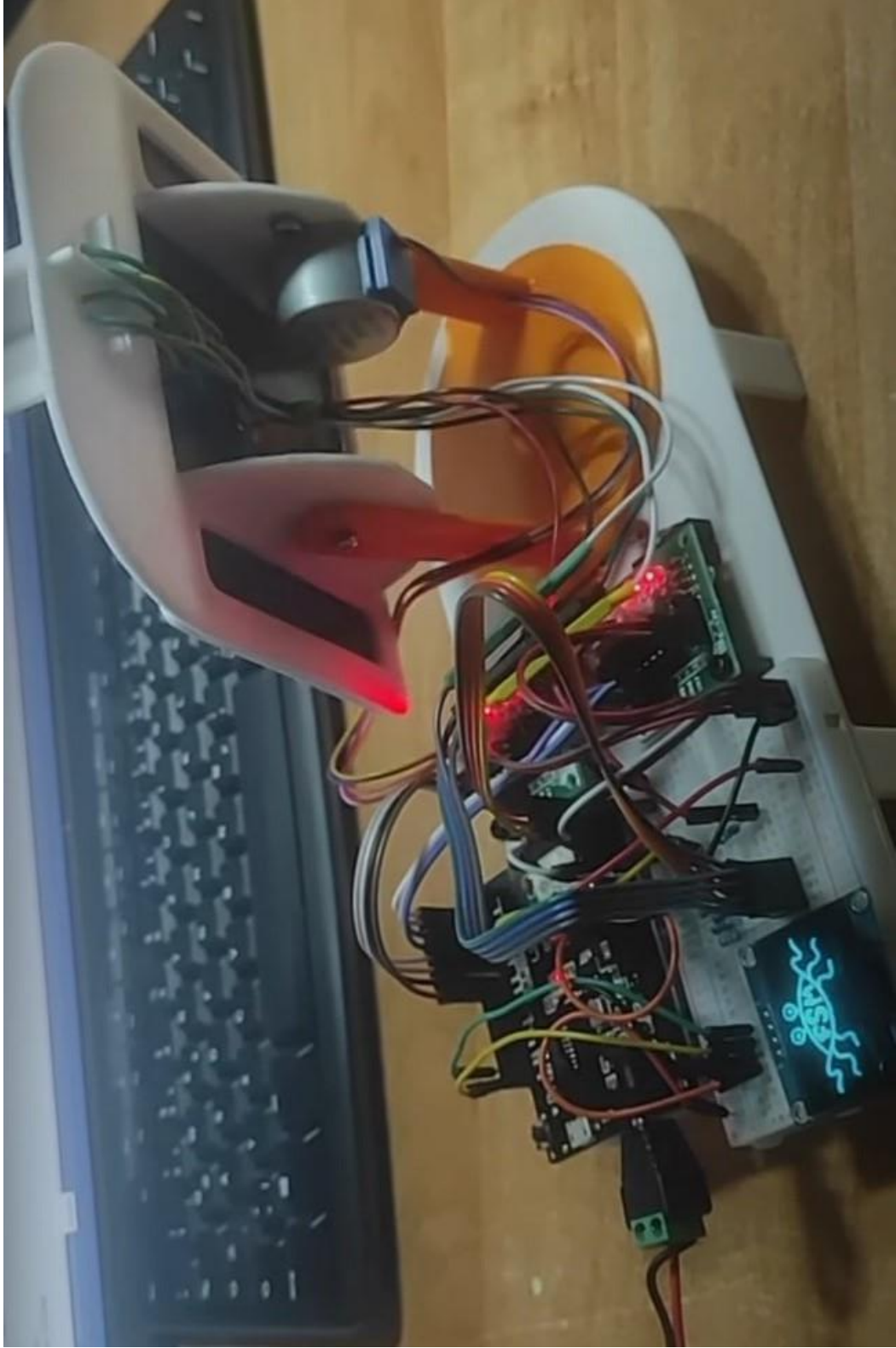
3. Şək. 3.5. İstifadəçi autentifikasiyası

4. **Məlumatlar Üçün İcazələr:** Thingspeak istifadəçilərinə məlumatların yalnız dəstəklənən cihazlar və sensorlar tərəfindən göndərilə biləcəyi və ya məlumatları yalnız müvafiq şəxslərə açıq edə biləcəyi cür imkanlar təmin edir.
5. **Məlumat Şifrlənməsi və Qorunması:** Thingspeak, daxil olan məlumatları şifrləmək və qorumaq üçün müxtəlif texnologiyalar və təhlükəsizlik alətləri istifadə edir.
6. **Daxili İzləmə və Müşahidə:** Platform, istifadəçilərin aktivlərini izləyərək qeyri-müvafiq davranışları aşkar etmək və qoruma tədbirlərini əldə etmək üçün daxili izləmə və müşahidə funksiyaları da təmin edir.
7. **Məxfilik Siyasəti:** Thingspeak, məxfilik siyasəti tətbiq edir və istifadəçilərə məlumatların necə işlənəcəyi, saxlanılacağı və paylaşılacağı barədə məlumat verir.

8. **Üçüncü Tərəf İnteqrasiya:** Thingspeak, üçüncü tərəf inteqrasiya imkanları təmin edir. Bu, digər platformalar və servislər ilə Thingspeak arasında məlumat alış-verişi edilərkən də məxfilik və təhlükəsizlik prinsiplərinin izlənməsini təmin edir.
9. **Məxfilik Tənzimləmələri:** Thingspeak, istifadəçilərə məlumatların necə paylaşılacağı, kimlərlə bölüşülməsi və məlumatların necə istifadə olunacağı barədə geniş tənzimləmə imkanları təmin edir. Bu, istifadəçilərin öz məlumatlarının müxtəlif səviyyələrdə məxfi qalması üçün əlavə təhlükəsizlik tədbirləri görməsinə imkan verir.
10. **Fiziki Təhlükəsizlik:** Thingspeak platformasının fiziki infrastrukturunun təhlükəsizliyi də əhəmiyyətli bir məsələdir. Bu, məlumatların məxfiliyinin qorunması üçün server məkanlarının və şəbəkə infrastrukturunun düzgün təmin edilməsini tələb edir.
11. **Gizlilik Prinsipləri Və Təlimatları:** Thingspeak, müştərilərə gizlilik prinsipləri və təlimatları barədə məlumat təmin edir. Bu, istifadəçilərə platformun məxfilik və təhlükəsizlik prinsiplərinə əməl etmək üçün nə etməli olduğunu göstərir.
12. **Məlumat Arşivlənməsi:** Thingspeak, məlumat yedəklənməsi üçün təhlükəsiz yedəkləmə tədbirlərini də təmin edir. Bu, istifadəçilərin məlumatlarının qorunması üçün təhlükəsizlik səviyyəsini artırır və məxfiliyi təmin edir.
13. **Yeni Təhlükəsizlik Tədbirləri:** Thingspeak platforması, təhlükəsizlik qabiliyyətlərini daima inkişaf etdirir və güncəlləşdirir. Bu, yeni təhlükəsizlik təhdidlərinə qarşı qorunma tədbirlərinin əlavə edilməsini təmin edir.

Bu tədbirlər, Thingspeak platformasının məlumatların qorunması və məxfilik prinsiplərinə əməl etməsini təmin edir. İstifadəçilər, məlumatlarının təhlükəsiz və məxfi şəkildə saxlanılmasını və işlənəcəyini bilərək platformadan rahatlıqla istifadə edə bilirlər (S. Kucuksari, A. M. Khaleghi, M. Hamidi, Y. Zhang, F. Szidarovszky, G. Bayraksan, and Y.-J. Son 2014).

3.6. İşlənmiş sxem əsasında cihazın yığılması



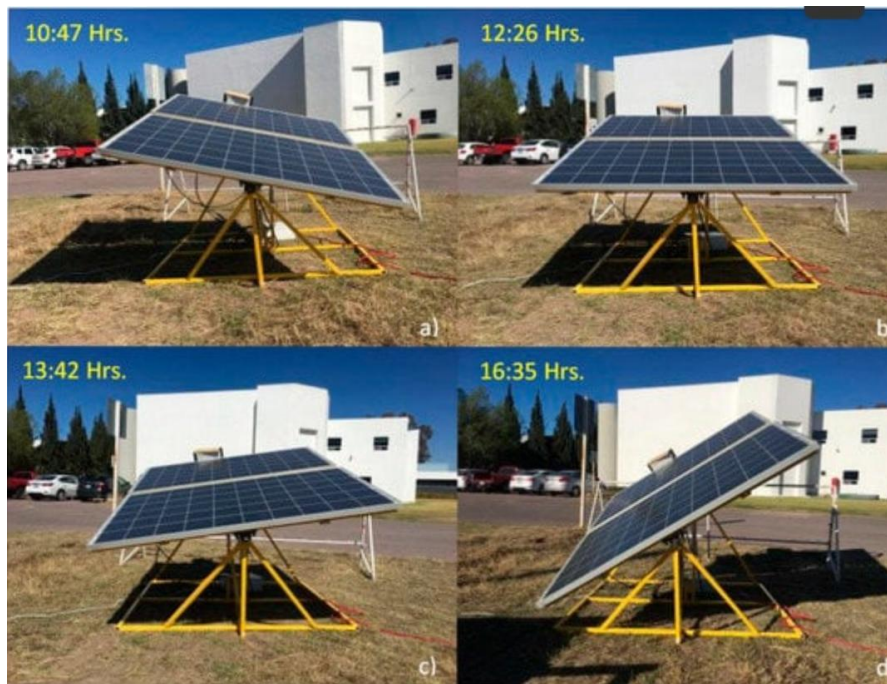
Şək. 3.6. Qurğunun real görünüşü



Şek. 3.7. Qurğunun diger bucaqdan görünüşi

3.7. Qurğunun sınağının və sabitlik testlərinin aparılması

Eksperimental tədqiqatlar Bakı şəhərində 2024-cu ilin may ayında 11, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21 və 22-ci günlərə uyğun olaraq doqquz gün ərzində aparılıb. Bu günlər buludların olmaması səbəbindən seçilib və əldə olunan enerji ölçülmüşdür. Bu günlərdə günəşin günorta vaxtı yerli vaxtla 12:45-də baş verib və günəş hündürlüyü bucağı $85,9^\circ$ ilə $88,5^\circ$ arasında yüksəlib. Şək. 3.8-də günəş izləyicisinin bir iş günü ərzində, 10:47, 12:26 (günortaya yaxın), 13:42 və 16:35-də sxemi verilmişdir.



Şək. 3.8. Gün ərzində günəş izləyicisinin hərəkəti

Cənub yönümlü sabit FV modulu (izləmə strukturunda quraşdırılanlarla eyni istehsalçı və model) izləmə və sabit sistem tərəfindən toplanan şüalanmanı müqayisə etmək üçün izləyici oxu ilə eyni əyilmə ilə günəş izləmə prototipinin yaxınlığında quraşdırılmışdır. Bu sabit modul üç modulu dəstəkləyən bir quruluşa quraşdırılmışdır, lakin bu işdə yalnız biri nəzarət edilmişdir. Quruluş izləmə sistemindən təxminən beş metr aralıda və eyni hündürlükdə (birbaşa yerdə) yerləşirdi. Bu sabit modul izləmə sistemi ilə eyni şəkildə izlənilirdi. FV modullarının qısaqapanma cərəyanının ölçülməsi hər bir sistem tərəfindən toplanan şüalanmanın dolayı qiymətləndirilməsinə

imkan verdi, çünki qısaqapanma cərəyanı FV modullarında şüalanma ilə təqribən mütənasibdir. Burada (qısaqapanmanın temperatur əmsalı nəzərə alınmaqla) qısaqapanma cərəyanı silisium kristal modulları üçün çox kiçikdir, $<0,05\%/^{\circ}\text{C}$).

Günəş paneli sistemi quraşdırıldıqdan sonra oriyentasiya problemi gün ərzində günəşin toplanma nöqtəsinə nisbətən mövqeyinin dəyişməsi səbəbindən yaranır. Buna görə də, günəşi izləmək və maksimum intensivlikli günəş şüasını tutmaq üçün fotovoltaik panellərin mövqeyini dəyişdirmək panelin oriyentasiyası və səmərəliliyinin sınaq zonasında günəş işığının eninə və sayına görə təklif etdiyi üstünlüklərdən istifadə edərək günəş izləyicisi sisteminin simulyasiyası və dizaynı üçün metodologiyamızı təsvir edir. Təklif olunan bu metodologiya müəyyən bir yerdə ($36,261^{\circ}$ enlik) tək oxlu günəş izləyicisinin tətbiqi ilə eksperimental olaraq təsdiq edilmişdir ki, bu da yüksək əlçatanlığa, aşağı dəqiqliyə və aşağı qiymətə izləmə mexanizminin daxil edilməsinə imkan verirdi. Nəticələrə əsasən, 36° -ə yaxın enliklər üçün bu tip günəş izləyicisinin mümkünlüyü nümayiş etdirildi, çünki bu izləmə sistemi ənənəvi kommersiya sistemlərindən daha ucuz başa gəlir. Bundan əlavə, bu sistem sabit bir cihazla müqayisədə toplama səmərəliliyini artırdı. Nəticələrimiz mühəndislik texnologiyası tədqiqatçıları və tələbələr üçün günəşi izləyən günəş sisteminin dizayn nəzəriyyəsini öyrənmək üçün əla platformadır (B. Vonk, M. Gibescu, E. Veldman and J. Sloothweg 2014).

Klassik sabit FV panellərdən fərqli olaraq, günəş izləyiciləri tərəfindən idarə olunan mobil panellər Günəşin bütün mövqeləri üçün optimal insolyasiya altında saxlanılır və beləliklə sistemin FV -yə çevrilmə səmərəliliyini artırır. Günəş izləyiciləri ilə təchiz olunmuş FV panellərinin çıxış enerjisi, xüsusən də günəşdən istifadə olunan enerjinin daha vacib olduğu yay aylarında onlarla faiz arta bilər (R.G. Vieira, F.K.O.M.V. Guerra, M.R.B.G. Vale and M.M. Araujo, 2016).

Toplanmış enerji baxımından qazanclar may ayında optimal şəkildə əyilmiş sabit fotovoltaik sistemlə müqayisədə orta hesabla $29,9\%$ səviyyəsində ölçüldü. Bu tədqiqat enerji istehsal sistemlərini IoT domeninə inteqrasiya etmək imkanını açır ki, bu da digər şeylərlə yanaşı sistemin davranışını daimi izləməyə imkan verir.

Dizayn meyarlarına gəldikdə, izləyicinin fırlanma diapazonunu qiymətləndirmək üçün FV modullarını fırlatmaq üçün istifadə edilən elektrik ötürücünün vuruş uzunluğu və gücü nəzərə alınmışdır. Bu halda, ən yaxşı variantın günəşin günorta vaxtı mövqe kimi 0° bucağı nəzərə alınmaqla -45° ilə 45° diapazonunu nəzərdən keçirmək olacağı hesab olunurdu. Bundan əlavə, struktur modulların meylini əl ilə 45° -ə qədər tənzimləmək funksiyasına malikdir ki, bu da eyni strukturdan dünyanın müxtəlif yerlərində istifadə etməyə imkan verir (Rowlands I.H., Kemery B.P., and Beausoleil-Morrison I., 2014).

3.8. Cihaz və proqram təminatında lazımi düzəlişlərin edilməsi

Müvafiq testlər aparıldıqdan sonra layihədə bəzi düzəlişlərin aparılmasının mümkünlüyü aşkar olunmuşdur.

Gövdə (Korpus). İzləyici sistemin tətbiq olunduğu situasiya və texnikadan asılı olaraq gövdə daha qapalı və kompakt dizayn edilə bilər. Onda görə ki, elektron dövrə çox həssasdır, xarici təsirlərdən, yəni təbii hadisələrdən (yağış, külək, soyuq hava, aşağı və ya yuxarı atmosfer təzyiqi, maqnit qasırğaları) asanlıqla korlana bilər. Eyni səbəblərlə əlaqədar olaraq, gövdənin hazırlanmasında plastik, metal və ya xüsusi tip materillər istifadə edilə bilər.

Vahid PCB – nin tətbiqi. Dövrənin vahid, yüksək keyfiyyət və dəqiqlikli PCB - də (Printed circuit board – Çap lövhəsi) yığılması sözsüz ki daha peşəkar bir variantdır. Belə ki, bu zaman birləşmələr, xüsusilə naqıl birləşmələri daha etibarlı olacaq, fəzada mexaniki hərəkətlərdə öz stabilliyini qoruyacaqdır.

BMS tətbiqi. Sistemin ideal vəziyyətlərdə enerji istehsalı kifayət qədər yüksək olacaqdır. Belə olan da halqa, artıq olan enerjini toplamaq və daha sonra istifadə etmək məqsədilə sistemdə batareya və onların idarəetməsi üçün BMS (Battery management system) modulu tətbiq edilə bilər (Solanki C.S., 2013).

Fırlanma bucağının proqrama daxil edilməsi və məhdudlaşdırılması. Əgər izləyici sistem stasionar və ya hərəkət trayektoriyası əvvəlcədən məlum olan mobil vasitələrdə (Məs: Sərnişin avtobusları, qatarları, təyyarələri, yükdaşıma gəmiləri və s.)

quraşdırılacaqsa, əlbəttə ki, günəşin cari zamanda mövqeyi bəlli olacaqdır. Belə olanda halda, proqram təminatında dəyişikliklər edilərək dönmə bucağı aralığı daxil edilir, pilləli mühərriklərin hərəkəti məhdudlaşdırılır və sistemin özü üçün sərf etdiyi enerjiyə qənaət əldə olunur.

NƏTİCƏ

1. Dissertasiya işində müxtəlif materiallar əsasında qurulmuş günəş batareyalarının növləri, xarakteristikaları, üstün və çatışmayan cəhətləri araşdırılmış və yüksək effektivliyə malik günəş panelləri təklif olunmuşdur.
2. Günəş elementlərinin səmərəliliyinə təsir edən amillər araşdırılmış və onun aradan qaldırma və artırılma üsulları işlənmişdir.
3. Sensorlu izləyici sistem üçün hava şəraitindən asılı olaraq, mikrokontrollerin proqram təminatı, uzaq məsafədən idarəetmə və mühafizə sistemi işlənmişdir.
4. Günəş batareyalarının səmərəliliyinin artırılması üçün mikrokontroller əsasında sensorlu izləyici qurğunun sxemi işlənmiş və onun əsasında qurğunun prototipi yaradılmış, müxtəlif hava şəraitində sınaq və test yoxlamaları aparılmış, nəticələr təhlil olunaraq tətbiq üçün tövsiyyə olunmuşdur.

İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT

1. Əhmədov R.M. “İntellektual sensor və aktorlar” (TEMPUS layihəsi) - Bakı, 2015.
2. Bodur, H., (2004), “Güç Elektronığı Endüstriyel Uygulamaları 1” YTÜ Ders Notları, 2004, YTÜ, İstanbul.
3. Bodur, H., (2003), “DC-DC Dönüştürücülerde Yumuşak Anahtarlama Teknikleri” YTÜ Ders Notları, 2003, YTÜ, İstanbul.
4. Navruz T.S. “Ara bant yapılı güneş pillerinde verim optimizasyonu”. Doktora, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2008.
5. Öztürk H.H., Kaya, D. “Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi: Fotovoltaik Teknoloji”, Umuttepe Yayınları, 2013.
6. Uğur D. “Arduino Programlama” Kitabı: Bir parka kod, 2016.
<http://www.ugrdmr.wordpress.com>
7. Бирюков А.А. – “Умные устройства безопасности на микроконтроллерах Atmel – Издательство” "ДМК Пресс" - 2017 - 162с
8. Бессель В.В., Кучеров В.Г., Мингалеева Р.Д. “Изучение солнечных фотоэлектрических элементов: Учебно-методическое пособие”. М.: Изд. центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016, 90 с
9. Белоус А.И., Ефименко С.А., Турцевич А. С. “Полупроводниковая силовая электроника Москва: Техносфера”, 2013.
10. Иванов В. Б. “Программирование микроконтроллеров начинающих”, Киев «МК-Пресс», 2016-176с.
11. Сажнев А. М. – “Микропроцессорные системы: цифровые устройства и микропроцессоры” 2-е изд., пер. и доп. Учебное пособие для СПО - М.:Издательство Юрайт - 2019 - 139с.
12. Попель О.С. “Возобновляемая энергетика в современном мире: учебное пособие” , О.С. Попель, В.Е. Фортов. – 2-е изд., стер. – М: Издательский дом МЭИ, 2018, 450 с.
13. Silinto B. F. and N. A. Bila Feasibility Study of Solar-Wind Hybrid Power System for Rural Electrification , at the Estatuene Locality in Mozambique, MS

- Thesis, KTH School of Industrial Engineering and Management Energy Technology, Stockholm, Sweden, 2015.
14. B. Vonk, M. Gibescu, E. Veldman and J. Sloothweg, "Automatic PV productions profile generation using geographic and historical weatherdata", in 19th International Universities Power Engineering Conference(UPEC), 2014, pp. 1-6.
 15. Carl K.S. , Paolo M. , "Power Supply Control Circuit with optical feedback", US Patent No. 7800037B2, September 21, 2010
 16. Imene Y. "Energies and Power Technologies. Volume 1: Solar and Wind Energies" Elsevier Inc., 2018.
 17. E. Romero-Cadaval, G. Spagnuolo, L. G. Franquelo, C. A. Ramos-Paja, T. Suntio, and W. M. Xiao, "Grid-connected photovoltaic generation plants: Components and operation," IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 7, pp. 6-20, 2013.
 18. G. K. Singh, "Solar power generation by PV (photovoltaic) technology:A review" Energy, vol. 53, pp. 1-13, 2013.
 19. Hari B.K. , Radhika A. and Kent B., "A ZVS Flyback DC-DC Converter Using Multilayered Coreless Printed-Circuit Board (PCB) Step-down Power Transformer," Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol.70, pp 148-155, ISSN: 1307-6892, October 2010, Paris.
 20. Hart D.W. "Introduction to Power Electronics: Upper Saddle River: Prentice-Hall International," Inc., 2007.
 21. Kaushika N.D., Mishra A., Rai A.K. "Solar Photovoltaics Technology, System Design, Reliability and Viability" Springer, 2018, 174 p.
 22. Muhammad H.R. "Alternative energy in power electronics" Elsevier Inc., 2015
 23. Muhammad H.R. "Power Electronics: Devices, Circuits, and Applications" Pearson Education, 2014.
 24. Laidi M., Hanini S.,Abbad B., Merzouk N.K. and Abbas M., "Study of a solar PV-wind-battery hybrid power system for a remotely located region in the southern Algerian sahara: case of refrigeration, Journal of Technology Innovations in Renewable Energy" 2012, Volume 1, pp. 30-38

25. Ellabban O., Abu-Rub H., and Blaabjerg F. "Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 39, pp.748-764, 2014..
26. Rowlands I.H., Kemery B.P., and Beausoleil-Morrison I., "Managing solar-PV variability with geographical dispersion: an Ontario (Canada) case-study" *Renewable Energy*, vol. 68, pp. 171-180, 2014
27. Pressman, A., Billings, K. & Morey, T. "Switching Power Supply Design" 3rd Ed., McGraw-Hill, 2009.
28. Abri R.A., El-Saadany E.F. and Atwa Y.M., "Optimal placement and sizing method to improve the voltage stability margin in a distribution system using distributed generation," *IEEE Transactions on power systems*, vol. 28, pp. 326-334, 2013.
29. R.G. Vieira, F.K.O.M.V. Guerra, M.R.B.G. Vale and M.M. Araujo, "Comparative performance analysis between static solar panels and single-axis tracking system on a hot climate region near to the equator", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 64(2016), pp. 672-681, 2016.
30. R. Kansal, "PIC based automatic solar radiation tracker," *Asian Journal of Chemistry*, pp. 21-28, 2009.
31. R.A. Ferdous, M.A. Mohammed, S. Rahman, S. Salehin, and M.A. Mannan, "Energy efficient hybrid dual axis solar tracking system," *Journal of Renewable Energy*, vol. , 2014
32. S. Kucuksari, A. M. Khaleghi, M. Hamidi, Y. Zhang, F. Szidarovszky, G. Bayraksan, and Y.-J. Son, "An Integrated GIS, optimization and simulation framework for optimal PV size and location in campus area environments," *Applied Energy*, vol. 113, pp. 1601-1613, 2014.
33. Solanki C.S. "Solar photovoltaics: Fundamentals Technologies and Applications, PHI Learning Private Limited" New Delhi, 2013.
34. S. Sharma, K. Kumar Jain and A. Sharma, "Solar cells: In research and Applications – A review", *Materials Science and Applications*, vol. 6, pp. 1145-1155, 2015.

35. Sandeep K., Vijay G. “Hybrid System of PV Solar / Wind /Fuel Cell.” International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering (IJAREEIE), 2013, Vol. 2(8), pp. 3666-3679.
36. Watkins T. “Selecting the Right Passive and Discrete Components for Top System Performance” Technical Article MS-2208, Analog Devices, 2011.