

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI

ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

QUYOSH ENERGETIKASI

fanidan laboratoriya ishlarini bajarishga oid

USLUBIY KO‘RSATMALAR



Toshkent-2019

“Quyosh energetikasi” fanidan laboratoriya mashg‘ulotlarini bajarishga oid uslubiy ko‘rsatmalar. Yuldoshev I.A., Shog‘uchqarov S.Q., Jamolov T.R., Gafurov D.S., Qarshiyeva N.H., Jurayeva Z.I.- Toshkent: ToshDTU,2019. 118 b.

Uslubiy ko‘rsatmalar o‘quv rejasidagi “Quyosh energetikasi” fani bo‘yicha ToshDTUning “5312400-Muqobil energiya manbalari” ixtisosliklari bo‘yicha kunduzgi bo‘lim bakalavrlariat talabalariga laboratoriya mashg‘ulotlarini bajarish uchun mo‘ljallangan.

Bu uslubiy ko‘rsatmalarda “Quyosh energetikasi” fani bo‘yicha asosiy qonuniyatlar, har bir mavzu bo‘yicha qisqacha nazariy ma’lumot, zamonaviy laboratoriya jihozlarida amaliy mashg‘ulotlar o‘tkazish uchun eng zarur tajribaviy ma’lumotlar hamda ularni tajribada sinash usullari batafsil yoritilgan.

Toshkent davlat texnika universiteti Ilmiy uslubiy kengashining qaroriga binoan nashr qilindi.

Taqrizchilar:

Mamadalimov A.T. O‘zMU “Yarimo‘tkazgichlar va polimerlar fizikasi” kafedrası professori, akademik

Sitdikov R.A. ToshDTU “Elektr stansiya tizimlari va tarmoqlari” kafedrası t.f.d., professor.

Kirish

Yoqilg'i-energetika sohasida noa'naviy va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish zamonaviy energetikaning dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Shu energiya turlaridan biri, ya'ni, sof ekologik tozaligi va qulayligi bilan ma'lumki bu quyosh energiyasidir.

Hamma qayta tiklanuvchi energiya turlarining ichida quyosh energiyasidan foydalanish O'zbekiston mintaqasida juda qulay bo'lib uning texnik potentsiali 98,6% ni tashkil etadi. Bu energiyadan unumli foydalanish azaldan ajdodlarimizdan bizgacha yetib kelib qon-qonimizga singib ketgan, chunki uzoq tumanlarimizda hanuzgacha quyosh energiyasidan meva-sabzavotlarni quritishda, qishga chorva mollari uchun yem-hashaklarni quritishda, suvni oftobda qizitish va boshqa maqsadlarda foydalanib kelinadi.

Olib borilgan tadqiqot natijalariga ko'ra O'zbekiston Respublikasida qayta tiklanuvchi energiya manbalarining texnik potentsiali 180 million tonna neft ekvivalentini tashkil etib yillik energiya resurslariga bo'lgan talabdan uch marta ortib ketadi.

Mamlakat iqtisodiyoti sohasida quyosh energiyasidan keng va samarali qulay bo'lgan foydalanish sohasi bu yarimo'tkazgichli o'zgartirgichlar orqali quyosh nurlanishini elektr energiyasiga o'zgartirish va aholi kommunal-turmush obyektlaridagi issiq suv ta'minoti tizimlarida quyosh kollektorlari yordamida past potentsialli issiqlikdan suv qizitish maqsadlarida foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Ta'kidlab o'tish kerakki, umumiy aholi yashaydigan uylarga nisbatan ko'p qavatli bo'lmagan aholi uylari 76 % ni tashkil etib ularga umumiy tabiiy gaz chiqimi (15100 million m³) dan faqatgina issiq suv ta'minoti uchun 3000 million m³ tabiiy gaz sarf etiladi.

Dunyo tajribasini umumlashtirib, O'zbekiston mintaqasida qayta tiklanuvchi energiya resurslarini tahlil etib aytish mumkinki, elektr va issiq suv ta'minotida quyosh energiyasidan foydalanish O'zbekiston sharoitida iqtisodiy jihatdan to'liq o'zini oqlaydi.

Yevropa fotoelektrik sanoati assotsiatsiyasi (EPIA) ma'lumotiga qaraganda, butun dunyoda qayta tiklanuvchi energiyadan foydalanish sur'ati muttasil o'sib bormoqda. Aytaylik, 2012 yilda jahon bo'yicha umumiy quvvati 100 GWga teng bo'lgan fotoelektrik panellar o'rnatilgan bo'lsa, joriy yilning o'tgan o'n oy ichida 30 GW li shunday qurilmalardan ham foydalanish yo'lga qo'yildi. Pirovardida birgina Germaniyada fotoelektrik stansiyadan olingan elektr energiyasining narxini 0,07 AQSH dollarigacha kamaytirishga erishildi.

Shu bilan birga, mamlakatimizda sohaga ixtisoslashtirilgan “Oftob-nur” XK, “Eko-Energiya”, “Mir Solar”, “Intellect Dialog”, “Chigatay Invest”, “Solar Energy Products”, “Solar Plus”, “Hi-Tech Solar”, “Nova Engineering” MCHJ kabi o‘nlab korxonalar faoliyat yurityapti. Ularda elektr quvvati olish uchun kichik quyosh stansiyalari, issiq suv va issiqlik ta’minoti uchun past potentsialli qurilmalar, qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini qayta ishlash, xususan, quritish uskunalari tayyorlanib, yurtimiz aholisiga yetkazib berilyapti.

Ushbu laboratoriya ishlarini bajarishga mo‘ljallangan uslubiy ko‘rsatmalarda har xil maqsadlar uchun mo‘ljallangan quyosh energetik qurilmalarining konstruksiyalari, ularning texnik ko‘rsatkichlarini laboratoriya va tabiiy quyosh sharoitida sinovdan o‘tkazish uchun metodik uslubiy tavsiyalar, qisqacha nazariy ma’lumot, ishni bajarish tartibi, olingan natijalarni hisoblash usullari haqida ma’lumotlar aks etgan.

1 - LABORATORIYA ISHI

PARABOLOID TURDAGI KICHIK QUYOSH KONSENTRATORINING ISH JARAYONINI O'RGANISH

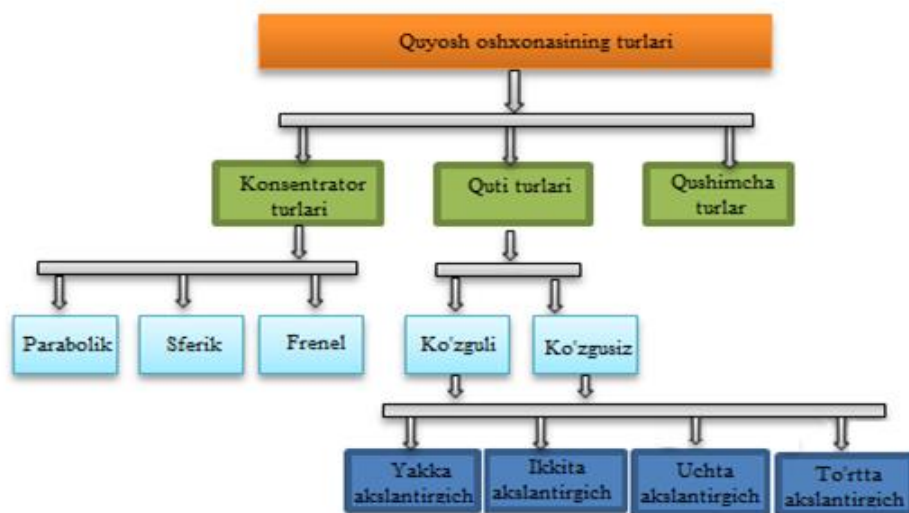
Ishdan maqsad

D~60 sm bo'lgan paraboloid turdagi kichik quyosh konsentratori ish jarayoni bilan tanishish va uning fokus nuqtasidagi haroratni aniqlash.

Qisqacha nazariy ma'lumot

O'zbekiston iqlim sharoitidan kelib chiqib maishiy va xususiy maqsadlarda quyosh energiyasidan samarali foydalanishning usullaridan biri quyosh oshxona qurilmalarini loyihalash va tayyorlash hisoblanadi. Yerga tushayotgan quyosh energiyasidan sanoatda, qishloq xo'jaligida, tibbiyotda va kundalik turmushda foydalanish masalalari bilan shug'ullanuvchi fan-texnikaning yo'nalishi **geliotexnika** deb nomlanadi.

Quyosh oshxonasi qurilmasining turlari juda ko'p bo'lib asosiy maqsad quyosh issiqlik energiyasidan foydali maqsadda foydalanish hisoblanadi. Arzon narxdagi texnologiyalardan foydalangan holda yuzlab xonadonlarda pishirish yoki isitish tizimidan foydalana oladigan turli xil turdagi qimmat bo'lmagan isitish tizimlari yoki quyosh oshxonalarini yaratish mumkin. Hozirgi kunga qadar butun dunyo bo'yicha quyosh oshxonalarining turlari 3 ta katta kategoriyaga ajratiladi. Bu kategoriyalar 1-rasmda ko'rsatilgan.



1.1 – rasm. Quyosh oshxonasining turlari

Ushbu kategoriyalarning konsentrator turi quyosh nurini qabul qiluvchi qurilmaning shakli jihatdan sferik, Frenel va parabolik turlariga ajratiladi. Quti turidagi quyosh oshxonasida foydalanilayotgan materialga qarab ko'zguli va ko'zgisiz turlarga bo'linadi. Akslantirgichlarning (reflektor) ishlatilish soniga ham qarab bir necha turlarga ajratish mumkin. Qo'shimcha turli quyosh oshxonasida esa quyosh nurining issiqligi alohida qurilmalarda to'planadi va havo purkagichlar yordamida issiq havoni quyosh qozoni ostiga yo'naltiriladi. Bunday quyosh oshxona turlaridan foydalanib uzoq vaqt davomida biror taomni tayyorlashda samarali foydalanish mumkin.

Quti turli quyosh oshxonasi dunyo bo'ylab eng ko'p tarqalgan turi hisoblanadi, chunki tayyorlanishi jihatdan eng oson va arzon qurilmadir. U ovqatni o'rtacha 70° dan 140° C da pishira oladi va uning ichiga bir nechta idishlar joylashtira olish mumkin. Quyidagi 2-rasmda quti turdagi quyosh oshxonasining ikki xil ko'rinishi keltirilgan.



1.2- rasm. Quti turdagi quyosh oshxonalari

2 (a) rasmda yagona reflektorga ega quti turli quyosh oshxonasi; 2 (c) rasmda esa to'rtta reflektorga ega quti turli quyosh oshxonasi. Konsentrator turdagi quyosh oshxonalarida fokus nuqtasida harorat $300-400^{\circ}$ C bo'lishi mumkin. Konsentratorli oshxonalarni (3-rasm) bir necha shakllari bor.



1.3-rasm. Konsentrator turdagi Quyosh oshxonalari

3 (a) rasmda foydalanishga qulay bo'lgan ko'zguli quyosh oshxonasi ko'rsatilgan. Ko'zguli quyosh oshxonasi quyoshli kunda qisqa vaqtlarda o'rtacha to'rt-besh kishiga yetadigan ovqatni vitaminlarini saqlagan holda pishira oladi. 3 (b) rasmda quyosh oshxonasining voronkali shakli berilgan. Bu shaklni yasash uchun juda ko'p material talab qilinmaydi. Faqat juda yengil bo'lganligi sababli asosi mustahkam bo'lishi uchun tosh bostirib qo'yish yoki yog'ochdan tayanch sifatida foydalanish mumkin, lekin bunday quyosh oshxonalarida issiqlikni muvozanatda saqlash imkoniyati deyarli bo'lmaydi. 3 (c) rasmda kabob pishirish uchun mo'ljallangan eng sodda ko'rinishga ega va yasalishi oson bo'lgan parabola shaklidagi quyosh oshxonasi ko'rsatilgan. Bunday qurilmani yasash uchun karton qog'oz bo'lgi va folga qog'oz yetarli bo'ladi. 3 (d) rasm parabola shaklidagi quyosh oshxonasining mukammal ko'rinishini ko'rsatib beradi. Bu qurilma boshqa quyosh oshxonalaridan aniq va keng fokus nuqtasiga ega ekanligi farqlanib turadi. Parabola shaklidagi quyosh oshxonasi issiqlik energiyasini hosil qilishda eng samarali bo'lib u quyosh holatining ozgina o'zgarishiga ham o'ta sezgir qurilma hisoblanadi. Shu sababli qurilmani quyosh harakatiga qarab to'g'rilab turishni talab qiladi. Bu turdagi quyosh oshxonalarining kamchiligi shundaki parabola shakli aniq bir parametrlarga asoslanib tayyorlanadi, shuning uchun bu qurilmani uy sharoitida yasash bir oz qiyinchilik tug'diradi yoki kerakli materiallar topilmaydi. 3 (e) rasmda ko'rsatilgan quyosh plitasining shakli hozirda ko'plab odamlar tomonidan tan olinmoqda, chunki bu qurilma alyuminiy tunukalarni aylana shaklida qirqib, halqa shaklidagi asoslarga frenel ko'rinishida joylashtirib yasalishi bilan oson hisoblanadi. 3 (f) rasmdagi quyosh oshxonasi orqali qabul qilgich idishni silindr shaklida bo'lgan parabolik konsentratori nazarda tutadi. Silindr shaklidagi idishni issiqlikni yaxshi o'tkazadigan materialdan foydalanish zarur bo'ladi. Bu

qurilma yordamida asosan suv isitish mo'ljallangan bo'lsada ovqat pishirishni ham amalga oshirsa bo'ladi. Bunday quyosh oshxonalarida suv qaynatish, tuxumlar pishirish, kabob pishirish hamda turli xil ovqatlar tayyorlash mumkin. Parabolik shakldagi quyosh oshxonasining quvvati 350-400 W quvvatli elektr plitasiga tenglashadi, bir soatda 51 litir suvni qaynata oladi. Bunday quyosh oshxonasida 3-4 kishiga yetadigan ovqatni pishirish mumkin. Bu qurilma o'z tannarxini 1,5-2 yilda qoplaydi. Bunday oshxonalar yiliga 1000 kW soat elektr energiyasini tejash imkonini beradi. Aholining asosiy qismi qishloq xo'jaligida yashaganligi sababli bunday quyosh oshxonalaridan foydalanish qulay hisoblanadi. Hatto elektr tarmog'idan uzoqda joylashgan dalalarda, fermer xo'jaliklarida yoki tog'li hududlarda foydalanish samarali natija beradi va ularning o'tin terish va qidirish muammolaridan xalos etadi.

Ishni bajarish tartibi: Paraboloid quyosh konsentratorining fokus masofasini aniqlash uchun uning ishchi sohasiga masofadan turib suv zarrachalari purkaladi, shunda uning fokus nuqtasi ko'rinishi seziladi.

1. Fokus nuqtasi ko'ringandan so'ng unga maxsus moslama o'rnatiladi, bunda fokus nuqtasi moslamaning o'rtasida joylashishi lozim. So'ngra fokus nuqtasiga yoki unga yaqin joyga o'rta harorat diapazonida ishlaydigan termojuftlik o'rnatiladi. Bu termojuftlik xromel-alyumel yoki xromel-kapel asosidagi materiallardan bo'lishi lozim. Termojuftlikning bir uchi fokus nuqtasida, ikkinchisi esa 0°C haroratda quyilishi kerak.

2. Potensiometr yoki millivoltmetr yordamida termojuftlikning issiqlik-EYUK o'lchab olinadi. So'ngra issiqlik-EYUK qiymatining haroratga bog'liqligidan foydalanib kalibrlash jadvali yordamida fokus nuqtasidagi harorat $t_f (^{\circ}\text{C})$ aniqlanadi.

3. Moslamaga ma'lum hajmdagi idishga suv quyilib qaynash uchun sarflangan issiqlik miqdori Q (kJ) aniqlanadi, bunda sovuq suvning harorati $t_1 (^{\circ}\text{C})$, qaynagan suvning harorati $t_2 (^{\circ}\text{C})$, qaynash vaqti τ (c), suvning massasi m (kg) aniqlanadi.

$$Q = cm(t_2 - t_1) \quad (1.1)$$

Olingan natijalar 1-jadvalga kiritiladi.

1.1-jadval

Paraboloid quyosh konsentratorining ish jarayoni							
	Vaqt intervali (min)	t_a ($^{\circ}\text{C}$)	E (Vt/m^2)	t_1 ($^{\circ}\text{C}$)	t_2 ($^{\circ}\text{C}$)	t_f ($^{\circ}\text{C}$)	Q (kJ)
1	0						
2	10						
3	20						
4	30						
5	40						
6	50						
7	60						
8	70						
9	80						

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Har xil konstruksiyali quyosh konsentratorlarining to'liq ish jarayonini yoritib bering.
4. Tajriba natijalari bo'yicha 1-3 jadvallarni to'ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Quyosh oshxonasining qanday turlari mavjud?
2. Paraboloid turdagi quyosh konsentratorining ish jarayonini tushuntiring ?
3. Akslanish koeffitsiyentini qanday aniqlash mumkin?
4. Frenel ko'zguli quyosh konsentratorining ish jarayonini tushuntiring?

2-LABORATORIYA ISHI

PARABOLOID TURDAGI KICHIK QUYOSH KONSENTRATORINING ISH JARAYONINI O'RGANISH

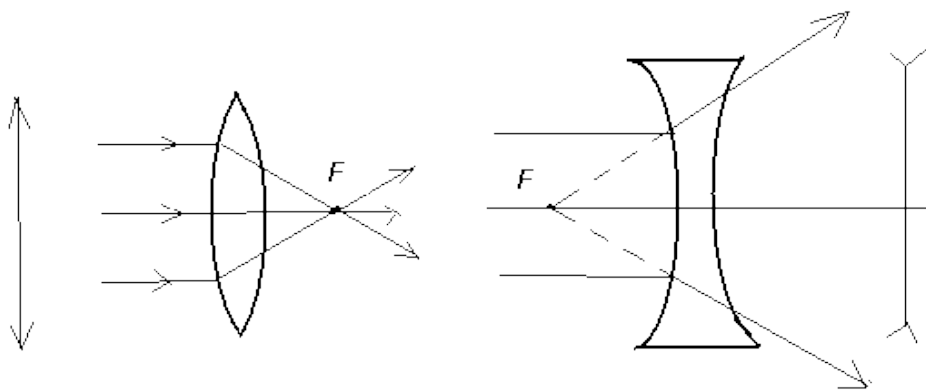
Ishdan maqsad

D~80 sm bo'lgan paraboloid turdagi kichik quyosh konsentratori fokusidagi haroratni aniqlash.

Qisqacha nazariy ma'lumot

Quyosh radiatsiyasini yig'ish usuliga ko'ra konsentratorlarni 2 turga ajratish mumkin: bir nuqtaga zichlashtiruvchi (linzalar, Frenel linzalari) va akslantiruvchi (har xil shakldagi ko'zgular). Yuqoridagi yig'ish usullarini birlashgan holatdagisi prizmatik konsentratsiyalovchi tizimlar (prizmakonlar) va lyuminessent quyosh konsentratorlari hisoblanadi (LQK). Konsentratsiyalash darajasiga qarab tizimlar quyidagi kuchli konsentratsiyalovchi (100 karradan ortiq), o'rtacha konsentratsiyalovchi (10-100 karra) va kuchsiz konsentratsiyalovchi (10 karradan kichik) turlarga bo'linadi.

Ikkita sferik sirt bilan chegaralangan shaffof jismga linza deb ataladi (1-rasm). Sferik sirtlarning markazlari orqali o'tuvchi to'g'ri chiziqqa linzaning bosh optik o'qi deb ataladi. Odatda, linzalar shishadan yasaladi. Linzalar qavariq va botiq (1-rasm) bo'lishi mumkin. Nurlar dastasi qavariq linza orqali o'tgach, uning o'qi tomon boradi. Bunday linzalar yig'uvchi linzalar deyiladi. Nurlar dastasi botiq linza orqali o'tgach, tarqaluvchi nurlar tarzida ketadi (2-rasm). Bunday linzalar sochuvchi linzalar deyiladi. Linzalar shisha prizmalar majmui deb qaralishi mumkin.



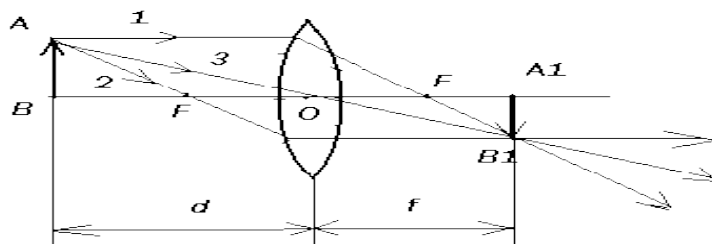
2.1-rasm. Qavariq va botiq linzalarda fokus masofasining hosil bo'lishi

Havoda har bir prizma quyosh nurlarini o'zining asosiga tomon og'diradi. Shuning uchun yig'uvchi linza orqali o'tuvchi nurlar linzaning optik o'qiga tomon boradi (1-rasm). Linzaning qalinligi sirtlarning radiuslariga va buyumdan linzagacha bulgan masofaga nisbatan e'tiborga olmasa ham bo'ladigan darajada kichik bo'lsa bunday linza yupqa linza deyiladi.

1. Yupqa linzada sferik segmentlarning uchlari (A va B) nuqtalar bir biriga shu qadar yaqin joylashganki ularni bir nuqta deb qarash mumkin. (1-rasmga qarang). Bu nuqta linzaning optik markazi deb ataladi (O nuqta).

2. Yupqa linzaning bosh optik o'qi uning optik markazidan o'tadi. Linzaning optik markazi orqali o'tuvchi boshqa tug'ri chiziqlar yordamchi optik o'qlar deb ataladi.

3. Yig'uvchi linzaga uning bosh optik o'qiga parallel ravishda tushadigan nurlar linzaga singach bir nuqtada kesishadi (1-rasm). Bu nuqta linzaning bosh fokusi deb ataladi va F harfi bilan belgilanadi. Linzaning optik markazidan bosh fokusigacha bo'lgan masofa fokus masofasi deyiladi. Fokus masofasi ham F harfi bilan belgilanadi. Fokus masofasiga teskari bulgan kattalik linzaning optik kuchi deb ataladi.



2.2-rasm. Qavariq linzada tasvir hosil bo'lishi

Fokus masofasi bir 1 m bo'lgan linzaning optik kuchi birligi sifatida qabul qilingan va u 1 dioptriya deyiladi (qisqacha dptr).

Linzada tasvir yasash uchun nurlarning asosan 3 ta turidan foydalanish qulay, bosh optik o'qqa paralel bo'lgan nur linzada singandan keyin uning fokusidan o'tadi: Linzada uning fokusi orqali boruvchi bu nur singandan keyin bosh optik o'qqa parallell ravishda ketadi.

Linzaning optik markazi orqali boruvchi nur o'z yo'nalishini o'zgartirmaydi (2-rasm).

Buyumdan linzagacha bo'lgan $BO=d$ masofa linzadan tasvirgacha bo'lgan $OB=f$ masofa va linzaning fokusi masofasi quyidagicha bog'langan.

Quyosh konsentratorlari oshxona sohasida, dam olish vaqtida va turli ekspeditsiyalarda pishirish va issiq suv uchun mo'ljallangan. O'rnatish quyosh energiyasini ko'p miqyosli konsentratori, quyoshdagi azimut-zenital yo'nalish tizimi bilan tortish-burilish mexanizmi va qozonlarni, choynaklarni va boshqalarni o'rnatish uchun diametri 15 mm bo'lgan quvur bilan jihozlangan.



Quyoshli kunda 1 litr suvni qaynatish vaqti 10-15 minut sarflanadi (quyosh nurlanishining bevosita oqimiga bog'liq). Yil davomida quyosh oshxonasi tomonidan ishlab chiqarilgan foydali issiqlik quyidagi formula yordamida hisoblab chiqish mumkin.

$$Q = \eta \cdot r \cdot E \cdot F \quad (2.1)$$

bu yerda $\eta=0,4$ qabul qilgichning issiqlik samaradorligi. r – akslanish koeffitsienti ($r=70-75\%$); F - reflektorning yuza maydoni; E - bulutsiz kunlarda perpendikulyar yuzaga tushadigan to'g'ridan to'g'ri radiatsiya miqdori o'rtacha qiymatidir.

Ishni bajarish tartibi:Diametri 80 sm bo'lgan paraboloid quyosh konsentratorining fokus masofasini aniqlash uchun uning ishchi sohasiga masofadan turib suv zarrachalarini purkash orqali fokus nuqtasi topiladi.

1. Fokus nuqtasi ko'ringandan so'ng unga mos holda maxsus moslama siljiriladi, bunda fokus nuqtasi moslamaning o'rtasida joylashishi lozim. So'ngra fokus nuqtasiga yoki unga yaqin joyga o'rta harorat diapazonida ishlaydigan termojuftlik o'rnatiladi. Bu termojuftlik xromel-alyumel yoki xromel-kapel asosidagi materiallardan bo'lishi lozim. Termojuftlikning bir uchi fokus nuqtasida, ikkinchisi esa 0°C haroratda qo'yilishi kerak.

2. Potensiometr yoki millivoltmetr yordamida termojuftlikning issiqlik-EYUK o‘lchab olinadi. So‘ngra issiqlik-EYUK qiymatining haroratga bog‘liqligidan foydalanib graduirovka jadvali yordamida fokus nuqtasidagi harorat t_f ($^{\circ}\text{C}$) aniqlanadi.

3. Moslamaga ma’lum hajmdagi idishga suv quyilib qaynash uchun sarflangan issiqlik miqdori Q (kJ) aniqlanadi, bunda sovuq suvning harorati t_1 ($^{\circ}\text{C}$), qaynagan suvning harorati t_2 ($^{\circ}\text{C}$), qaynash vaqti τ (c), suvning massasi m (kg) aniqlanadi.

$$Q = cm(t_2 - t_1) \quad (2.2)$$

bu yerda s - suyuqlikning solishtirma issiqlik sig‘imi (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$)

Olingan natijalar 1-jadvalga kiritiladi.

2.1-jadval

Paraboloid quyosh konsentratorining ish jarayoni							
	Vaqt interv ali (min)	t_a ($^{\circ}\text{C}$)	E (Vt/m 2)	t_1 ($^{\circ}\text{C}$)	t_2 ($^{\circ}\text{C}$)	t_f ($^{\circ}\text{C}$)	Q (kJ)
1	0						
2	10						
3	20						
4	30						
5	40						
6	50						
7	60						
8	70						
9	80						

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo‘lgan ma’lumotlarni ko‘rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Har xil konstruksiyali quyosh konsentratorlarining to‘liq ish jarayonini yoritib bering.
4. Tajriba natijalari bo‘yicha 1-jadvalni to‘ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Linza deb nimaga aytiladi?
2. Linzaning optik o‘qi nima?
3. Yig‘uvchi va sotuvchi linzalar haqida gapirib bering?

4. Linzaning optik kuchi va kattaliklashtirilishi deb qanday kattaliklarga aytiladi?

3-LABORATORIYA ISHI

PASSIV QUYOSH SUV ISITGICHLARINING ISH JARAYONINI O‘RGANISH

Ishdan maqsad

1. Suvni to‘g‘ridan to‘g‘ri qizdirish uchun bir konturli termosifon tizimning ish jarayonini o‘rganish
2. Passiv sirkulyatsiyali issiqlik tashuvchiga ega ikki konturli tizimning ish jarayonini o‘rganish

Qisqacha nazariy ma’lumot

Quyosh kollektorlari quyosh nurlanishi energiyasini yutib uni muhit issiqlik energiyasiga aylantiradi (odatda suv yoki havo) va isitish va issiq suv ta’minoti uchun foydalaniladi. Quyosh kollektorlarining har xil turlari mavjud:

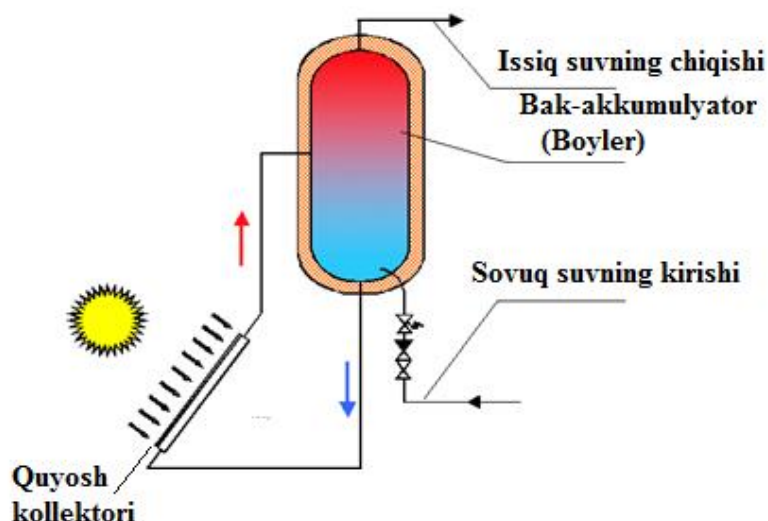
- yassi
- vakuumli
- konsentratorlardan foydalanish orqali
- havo kollektorlari

Eng ko‘p tarqalgan suyuqlik yassi kollektori issiqlik yutuvchi panel (absorber) va issiqlik tashuvchi sirkulyatsiyasi uchun unga biriktirilgan kanallar (trubkalar)dan iborat bo‘ladi. Quyosh nurlanishini yutuvchi absorberning yuqori qismi shaffof izolyatsiyaga ega. Bu konstruksiyaning hamma qismi korpusga biriktirilib, orqa va yon tomonlari issiqlik izolyatsion material bilan qoplangan.

Kollektorlar, bak-akkumulyator va ulash quvur o‘tkazgichlar tizimi sovuq suv bilan to‘ldirilgan holatni ko‘rib chiqamiz. Quyosh nurlanishi shaffof qoplama (shisha) orqali o‘tib kollektorning yorug‘lik yutuvchi panelini va uning kanallaridagi suvni qizdiradi. Qizish jarayonida suvning zichligi kamayadi, qizigan suyuqlik kollektorning yuqori nuqtasiga ko‘cha boshlaydi, so‘ngra quvur bo‘ylab bak-akkumulyatorga o‘tadi. Bakda qizigan suv yuqori nuqtaga ko‘chadi, sovuqroq suv esa bakning quyi qismida joylashadi, ya’ni haroratga bog‘liq holda suvning qatlamlarga ajralishi ro‘y beradi.

Sovuq suv quvur bo‘ylab bakning quyi qismidan kollektorning quyi qismiga harakatlanadi. Shunday qilib, yetarlicha quyosh radiatsiyasi mavjudligida kollektor konturida doimiy sirkulyatsiya o‘rnatilib, uning tezligi va jadalligi quyosh nurlanishi oqim zichligiga bog‘liq bo‘ladi.

Natijada tizimda bosimlar farqi (Δp , Pa) vujudga kelib quyosh kollektorida tabiiy sirkulyatsiyani chaqiradi, ya’ni $\Delta p = g \times H \times (\rho_1 - \rho_2)$, (1) bunda $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $N = H_1 - H_2$ (m) – bak akkumulyatorida qizigan suvning kirishida yuqori chegarasi va quyosh kollektorining quyi sovuq suv kirish qismi farqi; ρ_1 va ρ_2 – mos ravishda bak akkumulyatorining quyi qismi sovuq suvning (T_1) va bak akkumulyatorida qizigan suvning (T_2) zichligi.



3.1-rasm. Suvni to‘g‘ridan to‘g‘ri qizdirish uchun bir konturli termosifon tizim

Qanchalik (T_1) va (T_2) farqi yuqori va N qiymati katta bo‘lsa qurilmada suvning tabiiy sirkulyatsiyasi jadalligi yuqori bo‘ladi.

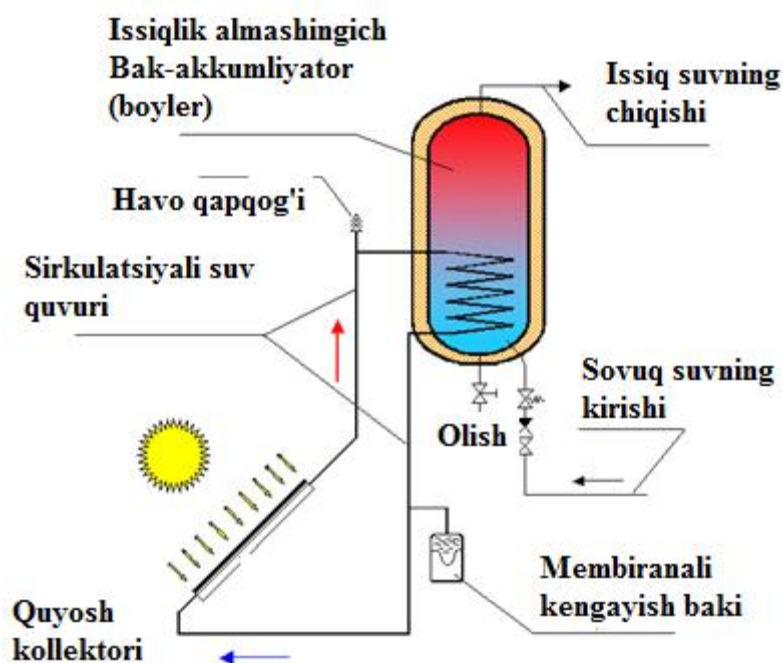
Bunday tizimning o‘ziga xosligi shundaki, termosifon tizim holatida bak akkumulyatorning quyi nuqtasi kollektor yuqori nuqtasidan 3-4 m dan baland bo‘lmasligi zarur, nasos sirkulyatsiyasida bak-akkumulyator ixtiyoriy joylashishi mumkin.

Bunday shart nafaqat kunduz vaqt davomida quyosh nurlanishi mavjudligida normal suv sirkulyatsiyasini ta’minlash uchun, balki qurilmada suvning teskari sirkulyatsiyasining oldini olish uchun ham muhimdir. Bu qurilmalar butun dunyoda, ayniqsa issiq iqlim

mamlakatlarida keng qoʻllanilishi, ekspluatatsiyasi, tayyorlanishi jihatidan juda oddiy sanaladi.

Sovuq iqlim sharoitlarida quyosh suv isitish kollektorlarining bir konturli emas, ikki konturli sxemasidan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Unda kollektorda qizdiriladigan asosiy issiqlik tashuvchi sifatida istalgan muzlamaydigan, kimyaviy faol boʻlmagan, (masalan, suvning etilen yoki propilen bilan aralashmasi, antifriz, glizantin (suvning glitserin bilan aralashmasi) va boshqalar) suyuqliklar xizmat qiladi.

Passiv sirkulyatsiyali issiqlik tashuvchiga ega ikki konturli tizim: bunday tizimning ishi bir konturli tizimning ishiga oʻxshashdir, lekin tizimda bak-akkumulyatorida issiqlik almashingich, quvuroʻtkazgichlar, kollektorlardan iborat alohida berk kollektor konturi mavjud. Bu kontur maxsus qoidaga muvofiq muzlamaydigan issiqlik tashuvchi bilan taʼminlanadi.



3.2-rasm. Passiv sirkulyatsiyali issiqlik tashuvchiga ega ikki konturli tizimning prinsipial sxemasi

Kollektorda issiqlik tashuvchi qizigandan soʻng issiqlik almashtirgichning yuqori qismiga kelib tushadi va oʻz issiqligini bakda joylashgan suvga uzatadi, soʻngra sovib pastga harakat qiladi, yaʼni kollektorning kirish qismiga harakatlanadi. Bunda u quyosh radiatsiyasi taʼsirida doimiy sirkulyatsiyani amalga oshiradi.

Bunda ham termosifon holatida bak akkumulyatorning quyi chegarasi va kollektorning yuqori nuqtasi farqi 3-4 metrdan oshmasligi zarur, nasos rejimida bak-akkumulyator ixtiyoriy joyda o'rnatilishi mumkin.

Ishni bajarish tartibi: Suvni to'g'ridan to'g'ri qizdirish uchun bir konturli termosifon tizimning ish jarayonini o'rganish uchun quyidagi tajriba tabiiy sharoitda "Alternativ energiya manbalari" kafedrasining geliopoligonida olib boriladi.

1.100 litir suv hajmiga ega issiqlikdan izolyatsiyalangan bak quyosh kollektoridan 3-4 metr balandlikka o'rnatiladi (1-rasm). Bakning tubi qismidan kollektorga sovuq suv uzatish va yuqori qismidan issiq suv olish uchun quvurlar o'rnatiladi.

2. Kollektorga kirish qismida sovuq suvning harorati t_s ($^{\circ}\text{C}$), zichligi ρ_1 , (kg/m^3) va kollektordan chiqish qismidagi issiq suvning harorati t_{is} , ($^{\circ}\text{C}$), zichligi ρ_2 , (kg/m^3) har 10 daqiqa intervali bilan o'lchab turiladi. Olingan natijalar 1-jadvalga kiritiladi.

3. $N=H_1 - H_2$ (m) – bak akkumulyatorda qizigan suvning kirishida yuqori chegarasi va quyosh kollektorining quyi sovuq suv kirish qismi farqi aniqlanadi.

3.1-jadval

Suvni to'g'ridan to'g'ri qizdirish uchun bir konturli termosifon tizimning ish jarayoni							
	Vaqt interv ali (min)	t_a ($^{\circ}\text{C}$)	t_s ($^{\circ}\text{C}$)	ρ_1 , (kg/m^3)	t_{is} , ($^{\circ}\text{C}$)	ρ_2 , (kg/m^3)	Δp (Pa)
1	0						
2	10						
3	20						
4	30						
5	40						
6	50						
7	60						
8	70						
9	80						

4. Quyosh kollektorida tabiiy sirkulyatsiyani yuzaga keltiradigan bosimlar farqi Δp (Pa) hisoblab topiladi, ya'ni $\Delta p=g \times H \times (\rho_1-\rho_2)$ ifodadan foydalaniladi.

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Bir va ikki konturli termosifon tizimning ish jarayonining yoritib bering.
4. Mavzuga oid jahon adabiyotlari bilan tanishish. Bir va ikki konturli termosifon tizimning ish jarayonini modellashtirish.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Bir konturli termosifon tizim deganda nimani tushunasiz?
2. Ikki konturli termosifon tizim haqida nimalarni bilasiz?
3. Passiv sirkulyatsiyali issiqlik tashuvchining harakatini izohlang?
4. Muzlamaydigan issiqlik tashuvchilarning issiqlik-texnik xarakteristikalarini bilasizmi ?

4-LABORATORIYA ISHI

AKTIV QUYOSH SUV ISITGICHLARINING ISH JARAYONINI O'RGANISH

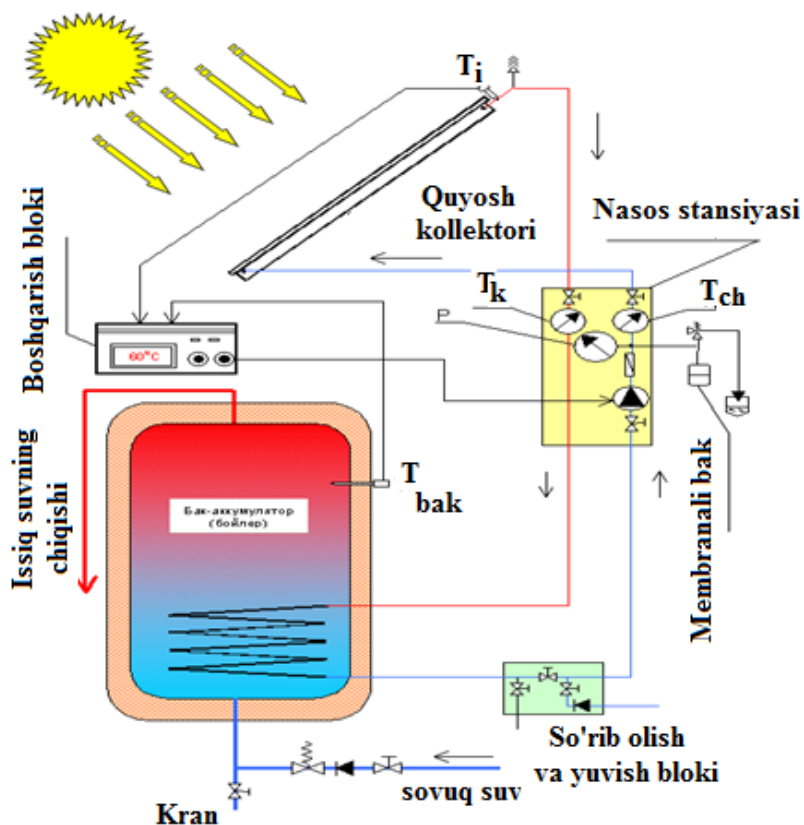
Ishdan maqsad

Aktiv sirkulyatsiyali issiqlik tashuvchiga ega tizimning ish jarayonini o'rganish.

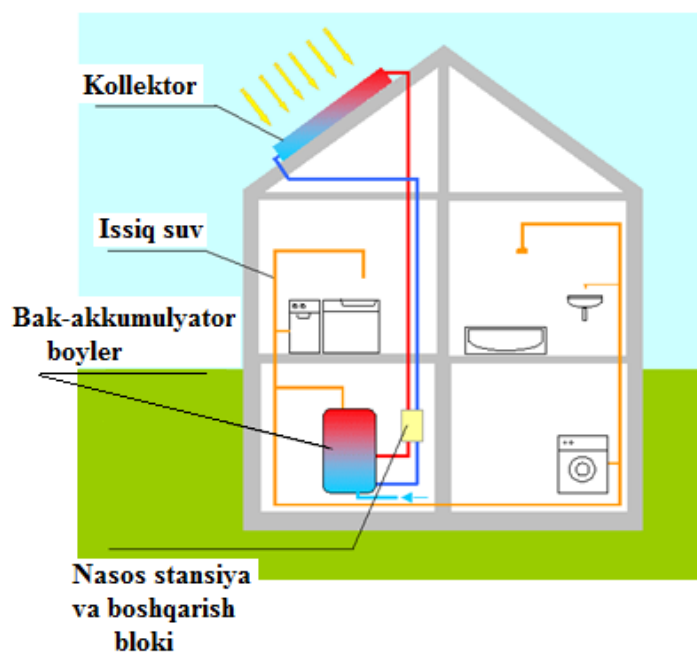
Qisqacha nazariy ma'lumot

Majburiy sirkulyatsiyali tizimlarda kollektor konturiga sirkulyatsiyali nasos qo'shiladi, shu sabab binoning istalgan qismida bak-akkumulyatorni joylashtirish imkonini beradi. Kollektorda issiqlik tashuvchining harakat yunalishi majburiy sirkulyatsiya yunalishi bilan mos tushishi kerak.

Nasos rejimini o'chirish yoqish differensial boshqarish relesidan tashkil topgan, ya'ni bakda va kollektorlarning chiqish qismiga o'rnatilgan harorat datchiklari ko'rsatkichlarini taqqoslovchi elektron boshqarish bloki yordamida amalga oshiriladi. Agar kollektorlardagi harorat bakdagi suv haroratidan yuqori bo'lsa nasos qo'shiladi. Bak va kollektor o'rtasidagi doimiy harorat farqini hisobga olib nasos ish jarayoni va issiqlik tashuvchining aylanish tezligini o'zgartirishga imkon beruvchi bloklar ham mavjud. Aktiv sirkulyatsiyaga ega tizimlar odatda ikki konturli bo'ladi.



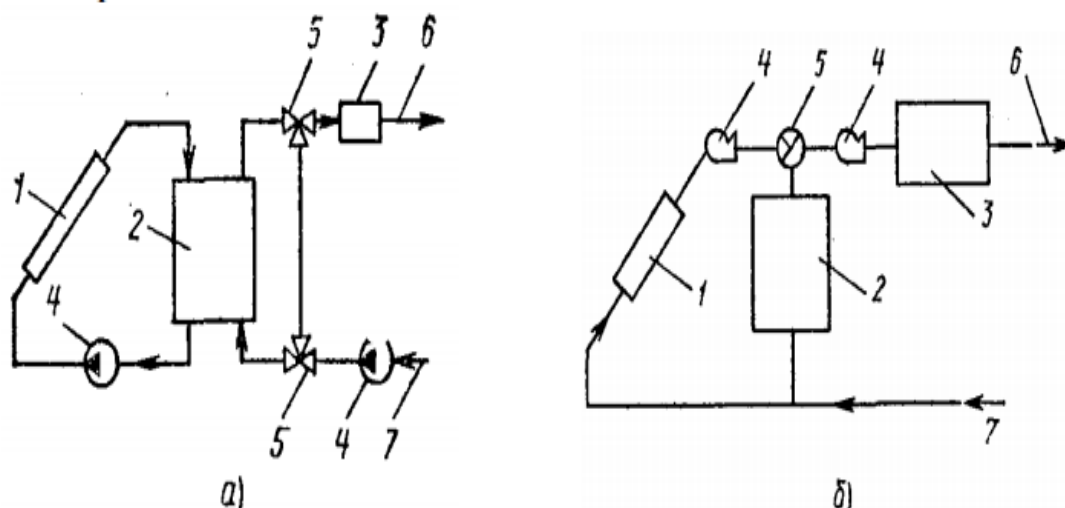
4.1-rasm. Majburiy sirkulyatsiyali quyoshiy issiq suv ta'minoti ikki konturli tizimining prinsipial sxemasi



4.2-rasm. Issiq suv ta'minoti uchun binoda quyoshiy tizimlar elementlarining joylashishi

Binolarni isitishning aktiv geliotizimlari

Quyoshiy isitish aktiv tizimlariga quyosh kollektori, issiqlik akkumulyatori, qo‘shimcha (rezerv) energiya manbai, quyosh kollektoridan akkumulyatorga issiqlik uzatish uchun issiqlik almashingich, nasoslar, ventilyatorlar, armaturali quvuro‘tkazgichlar va tizimning ishini boshqarish uchun kompleks qurilmalar kiradi.

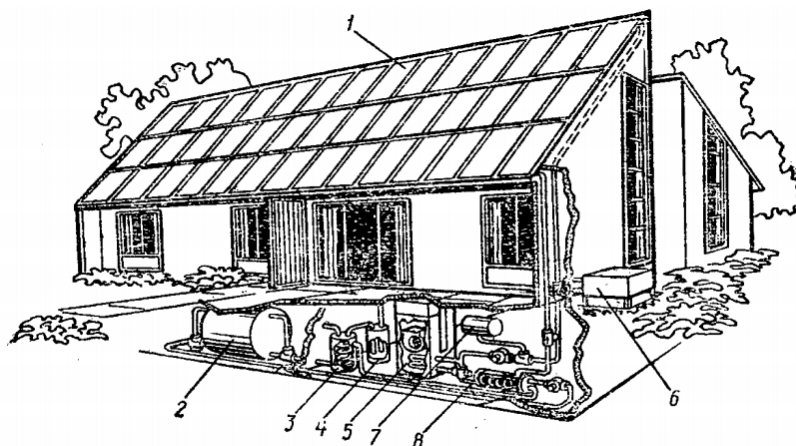


4.3-rasm. Quyoshiy isitishning suvli (a) va havo asosidagi (b) aktiv tizimlari

1 — quyosh kollektori; 2 — issiqlik akkumulyatorlari; 3 — qo‘shimcha energiya manbai; 4 — nasos (ventilyator); 5 — boshqarishga asoslangan klapan; 6 — qizdirilgan issiqlik tashuvchini haydash; 7 — sovutilgan issiqlik tashuvchini qaytarish.

Issiqlik binoda havo tizimlarida havo yulakchalari va ventilyatorlar yordamida taqsimlanadi yoki past haroratli issiqlik tashuvchilarga hisob qilingan (suyuqlikli tizimlarda) konvektorlar, radiatorlar va nurlantiruvchi panellar vositasida ham amalga oshiriladi. Agar qizdirishning issiqlik nagruzkasi $45-60 \text{ Wt/m}^2$ bo‘lsa, unda isitishning pol tizimidan foydalanilganda (polning pastdan issiqlik izolyatsiya qilingan yuzasiga quvur yotqizilgan holda sirkulyatsiyalanib issiq suv yordamida qizitiladi) binodagi havo harorati 18°C bo‘lishi uchun pol yuzasidagi harorat $22-24^{\circ}\text{C}$, suvning harorati esa 30°C bo‘lishi kerak. Pol odatda betondan tayyorlanib uning ichida issiqlik tashuvchi uchun $\text{Ø}20 \text{ mm}$ bo‘lgan polietilen quvurlar yig‘iladi, uning tag qismidan tosh zasipkasi

qoplamasidan gidroizolyatsiya qiladigan issiqlik izolyatsiya qatlami joylashadi. Boshqa variantida qattiq penopoliuretan qatlami ustida joylashgan 0,5 mm alyuminiy listga biriktirilgan mis quvurlardan foydalaniladi.



4.4-rasm. Aktiv geliotizimli issiqlik ta'minotiga ega uy

1- quyosh kollektori; 2 - issiqlik akkumulyatori; 3 -suvni qizdirish uchun issiqlik almashingich; 4 - issiq suv bak akkumulyatori; 5 -havoni qizdirish uchun issiqlik almashingich; 6 - ortiqcha issiqlikni tashlash uchun issiqlik almashingich; 7 - kengayish baki; 8 - suv isitish uchun issiqlik almashingich

4-rasmda aholi yashaydigan uyning tomiga o'rnatilgan suyuqlik quyosh kollektori tasvirlangan. Isitish va issiq suv ta'minotida geliotizimning qolgan jihozlari uyning podvalida joylashgan. U erda asosiy issiqlik akkumulyatorlari, suv isitish uchun issiqlik almashingich (3), issiq suv akkumulyatsiyasi uchun bak, uyni isitish va havoni qizdirish uchun issiqlik almashingich (5), kengayish baki va antifrizdagi issiqlikni suvga uzatish uchun issiqlik almashingich o'rnatilgan. Uyning tashqarisida issiqlik almashingich (6) bo'lib u yoz oylarida ortiqcha yig'ilgan quyosh issiqligini tashlab yuborish uchun xizmat qiladi.

Ishni bajarish tartibi: Majburiy sirkulyatsiyali quyoshiy issiq suv ta'minoti ikki konturli tizimining ish jarayonini o'rganish uchun (1-rasmga asosan) tajriba tabiiy sharoitda "Alternativ energiya manbalari" kafedrasining geliopoligonida olib boriladi.

1. Majburiy sirkulyatsiyali quyoshiy issiq suv ta'minoti ikki konturli tizimida issiqlik tashuvchi nasoslar yordamida harakatlantiriladi. Dastlab quyosh kollektorining panel sohasi tekisligida quyosh radiatsiyasi E

(Vt/m^2) o‘lchanadi, shuningdek atrof muhit harorati t_a ($^{\circ}C$) ham qayd qilinadi.

2. Issiqlik tashuvchining quyosh kollektorining kirish qismidagi t_1 ($^{\circ}C$) harorati, so‘ngra issiqlik almashingichga kirish qismidagi t_2 ($^{\circ}C$) harorati o‘lchab olinadi. O‘lchashlar har 10 daqiqa vaqt intervali bilan amalga oshiriladi.

3. Bak akkumulyatorga kirish qismida sovuq suvning harorati t_s ($^{\circ}C$), va kollektordan chiqish qismidagi issiq suvning harorati t_{is} ($^{\circ}C$), vaqt birligi ichida bak akkumulyatoridan olinadigan suvning massa sarfi G ($\frac{kg}{s}$) ham o‘lchanadi. Olingan natijalar 1-jadvalga kiritiladi.

4.1-jadval

Majburiy sirkulyatsiyali quyoshiy issiq suv ta'minoti ikki konturli tizimining ish jarayoni								
	Vaqt intervali (min)	t_a ($^{\circ}C$)	E (Vt/m^2)	t_1 ($^{\circ}C$)	t_2 ($^{\circ}C$)	t_s ($^{\circ}C$)	t_{is} ($^{\circ}C$)	G ($\frac{kg}{s}$)
1	0							
2	10							
3	20							
4	30							
5	40							
6	50							
7	60							
8	70							
9	80							

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo‘lgan ma’lumotlarni ko‘rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Majburiy sirkulyatsiyaga ega ikki konturli termosifon tizimning ish jarayonining yoritib bering.
4. Mavzuga oid jahon adabiyotlari bilan tanishish. Ikki konturli majburiy sirkulyatsiyali termosifon tizimning issiqlik ta'minotidagi o'rni.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Majburiy sirkulyatsiyaga ega ikki konturli termosifon tizim haqida nimalarni bilasiz?
2. Binolarni isitishda aktiv geliotizimlar qo‘llanilganda issiqlik binoda qanday tarqaladi?

3. O‘z xonadoningiz uchun issiq suv ta‘minoti va isitish tizimi uchun ikki konturli geliotizimni loyihalashni bilasizmi?

5-LABORATORIYA ISHI

QUYOSH NURLANISHI OQIM ZICHLIGINI O‘LCHASH QURILMALARI ISH JARAYONINI O‘RGANISH

Ishdan maqsad

Aktinometrik asboblarning konstruktiv tuzilishi va ish jarayonini o‘rganish

Qisqacha nazariy ma‘lumot

Adabiyotlarda radiatsion jihozlarni tasvirlaydigan meteorologiya muammolari bilan bog‘liq o‘lchov natijalari uchrab turadi, bu soha mutaxassislarini amaliyotda muhandis-geliotexnik deb nomlashadi.

Soha mutaxassislariga ma‘lumki, quyosh nurlanishi oqim zichligi va quyosh radiatsiya kattaliklari sinonimdir.

Quyosh nurlanishi bilan bog‘liq ma‘lumotlarni aktinometrik asboblardan bajaradi, yana ularni radiometrlar deb atashadi: Piranometrlar - gorizontal yuzaga to‘g‘ri keladigan yig‘indi radiatsiyani, hamda osmondan kelayotgan yoyilma (diffuz) radiatsiyani o‘lchaydi; aktinometrlar va pirgeliometrlar - quyoshdan va uning atrofidagi osmonning 5° radiusidagi quyosh atrofi zonasidan to‘g‘ri chiqayotgan quyosh radiatsiyasini o‘lchaydi; albedometr - yer yuzasidan qaytarilgan quyosh radiatsiyasini o‘lchaydi; balansomer - urning faoliyatli yuzasidagi radiatsion balansni aniqlash uchun qo‘llaniladi; geliograf - quyoshning yoritish davomiyligini, ya‘ni quyoshning bulutlar bilan qoplanmagan vaqtini avtomatik tarzda qayd qilish uchun ishlatiladi.

O‘n yilliklar davomida aktinometrik asboblardan prinsipial jihatdan o‘zgarmaganligini qayd etish lozim. Shu kungacha ham termobatareyaning qoraytirilgan yuzasi quyosh radiatsiyasini qabul qiluvchi moslama sifatida xizmat qilayapti. Katta miqdordagi mikroskopik «qabul qilgich» lari mavjud bo‘lgan notekis tarkibli qora noselektiv qoplama unga tushayotgan keng oraliqdagi spektral quyosh nurlanishining 98% yutib qoladi, ya‘ni Yer yuzasiga etib kelayotgan quyosh spektrini barcha qismini qamrab oladi (0,3-2,5 mkm). Juftlashtirib payvand qilingan va elektr jihatdan ketma-ket ulangan termojuftliklar yig‘indisi termobatareyalarning sezgir elementi sifatida xizmat qiladi. Faol payvandlangan termojuftning “issiq” yuzasida quyosh nurlanishi uning haroratini oshishiga olib keladi.

“Issiq” va “sovuq” yuzalar har xil belgilangan haroratda ushlab turilganda, ular oʻrtasidagi yuzaga kelgan harorat farqi unga toʻgʻri proporsional boʻlgan elektr yurituvchi kuchini hosil qiladi. Aktinometrik asboblarni sezgirligi har bir asbob uchun alohida oʻziga xos, shuning uchun har bir radiometr oʻzini alohida maxsus kalibrlash koeffitsientiga ega, bir xil modelli asboblari uchun ham bu oʻrinlidir. Aytish joizki, radiometrlarning qora qoplamalarini spektral sezgirligi 2% kamroq, yoki boshqacha aytganda, radiometrlarning spektral oraligʻida har bir toʻlqin uzunligi uchun qoplamaning yutishi bir xil va 2% aniqlikda boʻladi.

Amaliyotda eng koʻp qoʻllanishga ega piranometrlar, yuqorida aytib oʻtganimizdek, ular yigʻindi (global) va yoyilgan (diffuz) quyosh radiatsiyasini oʻlchaydi.

Quyosh stansiyalarining va boshqa gelioqurilmalarning aksariyat qismi yigʻindi va yoyilma radiatsiyadan foydalanadi, yaʼni piranometrlar oʻlchov natijalarining isteʼmolchilari hisoblanadi. 1-rasmda piranometrlarning tashqi koʻrinishi tasvirlangan. Piranometr termobatareyali golovkadan, yarim sferik shisha qalpoqdan, shtativ, quritma va soya qiluvchi ekrandan iborat.

Zamonaviy piranometrlarda kvarts shishasidan qilingan qalpoqlardan foydalaniladi, chunki shisha quyosh radiatsiyasining maʼlum qismini yutadi. Piranometrlar koʻrsatkichlariga atmosfera taʼsirini yoʻqotish uchun zamonaviy piranometrlarda ikkita kvarts qalpokdan foydalaniladi. Maʼlumki, oʻlchov asbobini qabul qiluvchi yuzasi va korpusi orasidagi harorat farqi kichik manfiy chiquvchi signal paydo qiladi, koʻpincha bu noldan siljish deb ataladi. Bu effekt ichki qalpoqdan foydalanish hisobiga minimumga keltiriladi.

Oxirgi vaqtda yuqorida aytilgan effektini kamaytirish uchun asboblarda ventilyatsiyadan foydalaniladi, hamda sezgirlikka tuzatish kiritish imkonini beruvchi, ichki xarorat datchigi bor boʻlgan passiv elektr kompensatsiya sxemalari oʻrnatiladi.

Amaliyotda turli xil piranometrlardan foydalaniladi, yuqorida koʻrsatilganlardan tashqari, Zontaga, EKO, Mollya-Gorchinskiy, SR-75, Bellani kabilar mavjud. Biroq, Butun jahon Metrologiya Tashkiloti (BJMT) radiatsiya maʼlumotlari markazi maʼlumotiga asosan Kipp and Zonen kompaniyasi piranometrlari eng koʻp foydalaniladi. OʻzRFA Materialshunoslik institutida ham Kipp and Zonen kompaniyasining 2 ta SM21 piranometrlaridan va 1 ta SN1 piranometridan foydalaniladi.

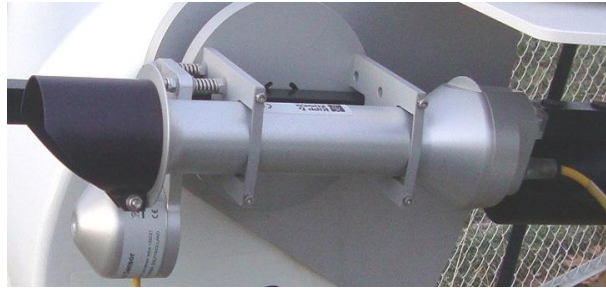
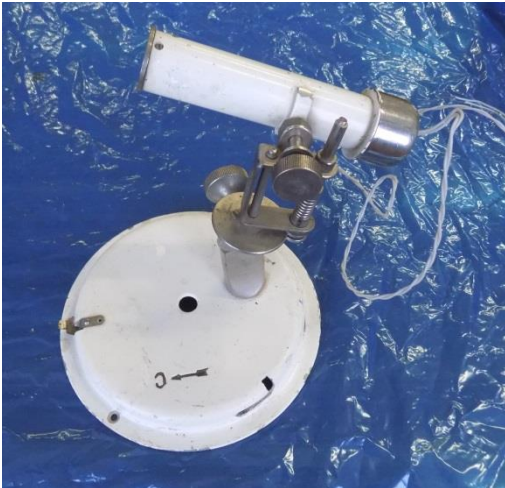
5.1-jadvalda ba'zi piranometrlarning asosiy texnik xarakteristikalari keltirilgan.

5.1-jadval

№	Texnik xarakteristikalari	Asbob turi		
		M-80, Rossiya	SMR 6, Niderlandiya	SM21, Niderlandiya
1	Spektral oraliq	300-2500 nm	Klassifikatsiyasi ISO 9060:1990, birinchi klass 285-2800 nm	Klassifikatsiyasi ISO 9060:1990, Ikkilamchi etalon 285-2800 nm
2	Inersiya (ishlab ketish vaqti)	40 s	18 s	5 s
3	Maksimal ishchi yoritilganlik	1500 Vt/m ²	2000 Vt/m ²	4000 Vt/m ²
4	Sezgirlik	10-15 mkV/Vt/m ²	5-20 mkV/Vt/m ²	7-14 mkV/Vt/m ²
5	Termobatareyaning qarshiligi	25-35 Om	20-200 Om	10-100 Om

Bir qator mamlakatlarda quyosh nurlanishini qabul qiluvchi qurilma sifatida tarkibida yarimo'tkazgich elementlari bo'lgan piranometrlar ishlatiladi. Bunga misol qilib AQSHda ishlab chiqarilgan Li-cor va Eppli RSP piranometrlarini aytish mumkin. Biroq BMT ulardan foydalanishni tavsif qilmaydi, chunki bu ko'rsatilgan asboblarni sezgirlik spektri noxiziqli harakterga ega va ma'lumki, ularga selektivlik xususiyati xosdir. Eppli RSP asboblarini spektral oralig'i 400-1100 nm, Li-cor esa spektral oralig'i 400-700 nm (ko'rinadigan spektr) va 400-1100 nm asboblar ishlab chiqaradi. Boshqa tarafdin bu asboblarni kalibrlash klassik piranometrlar bilan solishtirish yo'li bilan o'tkaziladi, chunki spektral nomoslikliklar muammosi yuzaga keladi, xatoligi esa $\pm 5\%$ tashkil etadi.

Yuqorida eslatib o'tganimizdek, quyoshning to'g'ri oqim radiatsiyasini o'lchaydigan asboblar, aktinometrlar va pirlgeliometrlarga to'xtalib o'tamiz. Aktinometrlar va pirlgeliometrlarni ishlash prinsipi ham piranometrlar ishlashiga o'xshash. Farqi asboblarni o'zini konstruksiyasida hamda ularni doimiy ravishda quyoshga yo'naltirilgan bo'lishidadir. 1-rasmda AT-50 aktinometr i SN1 pirlgeliometri ko'rsatilgan.



5.1-rasm b) Kipp and Zonen kompaniyasi SN1 pirgeliometri

5.1-rasm a) Aktinometr AT-50

Quyosh radiatsiyasini qabul qiluvchi moslamalar aktinometr va pirgeliometr trubkalarida joylashgan. Diafragmalari bor trubka qabul qilgichni shamol va yoyilma radiatsidan himoya qiladi. Asboblari teshiklarini markaziy burchagi 10° ga teng. Bu asboblarning qabul qilgich markazi quyoshdan va osmonni quyosh yoyi zonalaridan 5° radiusda radiatsiya qabul qilishini bildiradi. Asboblarni derazalari kvarts shishadan tayyorlangan va quyosh nurlanishi spektrini 97-98% o'tkazadi va qabul qilgichda yutiladi. Asbob trubkalari ichida asbobni namlik darajasini sozlab turadigan seliko-gelli yutgich mavjud.

5.2-jadvalda AT-50 aktinometrini va SN1 pirgeliometrini asosiy texnik xarakteristikalarini ko'rsatilgan.

5.2-jadval

№	Texnik xarakteristikalarini	Asbob turlari	
		AT-50, Rossiya	SN1, Niderlandiya Klassifikatsiya ISO 9060:1990, birinchi klass
1	Spektral oraliq	300-10000 nm	200-4000 nm
2	Inersiya (ishlab ketish vaqti)	<25 s	5 s
3	Ishchi yoritilganlik	40-1200 Vt/m ²	0-4000 Vt/m ²
4	Sezgirlik	<30 mkV/Vt/m ²	7-14 mkV/Vt/m ²
5	Termobatariya qarshiligi	30-100 Om	10-100 Om

AP-1, M-3 markali birinchi model aktinometrlari, quyoshga qo'lda yo'naltirilgan, chunki ularni konstruksiyasi shu qo'l bilan shunaqa manipulyasiya harakatlarni bajarishga moslashtirilgan. Zamonaviy asboblarning qoidasiga muvofiq quyoshga yo'naltirish stansiyalari bilan ishlaydi, misol uchun Kipp and Zonen 2P va Solys 2 asboblari shular jumlasidadir.

Shuningdek pirgeliometrlarni kompyuter yoki boshqa ma'lumot yig'ish tizimiga ulash mumkin.

Aktinometrik asbobning keyingi turi – albedometrni ko'rib chiqamiz. Ma'lumki, Albedo, bu har qanday jism yuzasini unga tushadigan nurlanishni qaytarish (yoyish) qobiliyatini tavsiflovchi kattalik. Albedometrni ishlash prinsipi osmondan va quyoshdan yuzaga tushadigan hamda u yuzaga tushib qaytarilgan nurlanishni o'lchashga asoslangan. Bu tubdan qaralganda, er yuzini o'rganish uchun havo sharlariga, keyinchalik samolyot va sun'iy yo'ldoshlarga o'rnatilgan spektrofotometrlarni birinchi aksi kabidir. Bu ma'lumotlar iqlimshunoslik, qishloq va suv xo'jaligi, qurilish va boshqa sohalardagi keng doiradagi mutaxassislariga kerakli hisoblanadi.

Birinchi albedometrlar ikkita piranometrlar asosida yig'ilgan, bulardan bittasi quyosh va osmonga qaratilgan, boshqasi tadqiqot qilinayotgan yuzaga qaratilgan. SRA 01 turdagi zamonaviy, shu jumladan portativ albedometrlar yaratilgan va tayyorlangan.

Keyingi aktinometrik asbob bu balansomer. Balansomer Yer yuzasidagi qoldiq radiatsiyani radiatsion balansini aniqlash uchun qo'llaniladi. Radiatsion balans quyoshning to'g'ri radiatsiyasidan foydalanmagan holda o'lchanadi, buning uchun balansomerni qabul qiluvchi yuzasi ekran bilan to'siladi. Bir vaqtning o'zida aktinometr bilan to'g'ri radiatsiya o'lchanadi. To'liq balans olish uchun gorizontaal yuzadagi to'g'ri radiatsiya kattaligi to'silgan balansometrda o'lchangan qiymatga qo'shiladi. Ko'pchilik zamonaviy balansomerlar boshqa prinsipga asoslangan. Asbobda ikkita radiatsiya qabul qilgich bo'lib, bittasi yuqoriga qaratilgan va faoliyat yuzaga tushayotgan radiatsini yutadi, ikkinchi qabul qilgich pastga qaratilgan va ishchi yuzaga tushmaydigan barcha turdagi barcha radiatsiyalarni yutadi. Balansomer ko'rsatkichlariga shamol ta'sirini kamaytirish uchun balansomerni shtil sharoitlarida tekshirishdan olingan, shtil uchun o'tish ko'paytmasi deb nomlanuvchi o'tish ko'paytmasidan foydalaniladi. Amaliyotda balansomerlarni turli xillari ishlatiladi: CSIRO; Funka; Gira i Danklya, Shulsa, Suemi-Fransila, M-10. Zamonaviy balansomerlar kompyuter yoki ma'lumotlarni yig'uvchi boshqa turdagi tizimlarga osongina ulanadi.

Oxirgi aktinometrik asbob-geliograf yoki uni yana quyosh yarqirashini qayd qiluvchi deb aytiladi. Bu asboblarni o'lchov natijalariga qisqa va uzoq muddatli ob-havo ma'lumotlari tuzish uchun, iqlim o'zgarishini o'rganuvchi iqlimshunoslik uchun, yer shari iqlimi sinflanishini tavsiflash, insoniyat va boshqa hayot faoliyati uchun kerakli o'simliklarni yetishtirishni rejalashtirish va rayonlashtirish uchun qishloq xo'jaligini bioiqlimshunosligi va agroiqlimshunosligini o'rganish uchun statistik ma'lumotlar yig'uvchi meteorologlar juda zarurdir. Geliograf kun davomida, quyosh bulutlar bilan qoplanmagan vaqtda quyosh yoritish davomiyligini avtomatik tarzda qayd qilish uchun xizmat qiladi. Yorug'lik davomiyligi BMT tomonidan quyoshning to'g'ri nurlanishi 120 Vt/m^2 oshmagan vaqt oralig'i soatlarida aniqlanadi.

Ko'p o'n yilliklar mobaynida quyosh yoritishini aniqlash bo'yicha ma'lumot olish uchun butun dunyoda Kembella – Stoksa geliograf sistemalari ishlatilgan. Bunda shishadan yasalgan, yoysimon tirgakka mahkamlangan, quyosh nurlarini yig'uvchi linza shar ko'rinishida bo'ladi. Quyosh nurlari shar devorlariga tushib, ularni linza singari o'lchov bo'linmasi 0,5 va 1 soat bo'lgan yorug'lik sezuvchi lentaning bir nuqtaga fokuslaydi. Quyosh siljishiga qarab, osmonda lentaga fokuslangan nur to'plami harakatlanadi va u lentada kuydirilgan chiziq izi qoldiradi. Quyosh bulut bilan qoplangan vaqtda chiziq iz uziladi. Kun oxirida quyosh yoritishi to'g'risida to'liq ma'lumot paydo bo'ladi, ya'ni qancha vaqt kun yorug', qancha vaqt bulutli bo'lganligi aniqlanadi.

Hozirgi vaqtda zamonaviy va foydalanish uchun qulay bo'lgan sezgirligi 400 – 11000 nm spektral oralig'ida bo'lgan kremniyli fotodiodlarda ishlovchi CSD, SON, PREDE, CIMEL, PUMKO-CAMMER va boshqa, quyosh yoritishini o'lchash datchiklari keng qo'llanila boshladi. Bu asboblarda mexanik xarakatlanuvchi kislmlari yo'q, 12 V o'zgarimas tok manbaida ishlaydi. CSD asbobi shular bilan birgalikda muzlashdan, qor yopishib qolishdan, shudring tushishdan himoya qiladigan o'zida o'rnatilgan isitgichi mavjud. Mazkur asboblarni kompyuter yoki ma'lumotlarni yig'uvchi boshqa turdagi tizimlarga osongina ulanadi.

SD - quyosh datchigi energetik yoritilganligining o'zgartirish diapazoni turiga qarab 0,01 dan $1,3 \text{ kVt/m}^2$ gacha tashkil etadi. Ma'lumki, quyosh nurlanishining yer atmosferasiga etib keladigan zichligi o'rtacha $1,367 \text{ kVt/m}^2$. Bu kattalik quyosh doimiysi deb ataladi. Oldin ta'kidlanganidek, quyosh nurlanishi atmosfera qatlamidan o'tayotganda o'z qiymatini ma'lum miqdorga yo'qotadi. Aslida bulutsiz kunda yer yuzasiga yetib

kelgan quyosh oqimi, geografik kenglik, uzoqlik, dengiz satxidan balandlik va yilni hisobga olib ko‘pincha 700 dan 1300 Vt/m^2 gacha oralig‘da bo‘ladi.

Ishni bajarish tartibi: Aktinometr AT-50, PL-110SM Solar-Meet va etalon quyosh elementlari yordamida quyosh to‘g‘ri radiatsiyasini o‘lchash bevosita tabiiy ochiq havoda olib boriladi. Natijalar asosida 3-jadval to‘ldiriladi.

5.3-jadval

№	Vaqt intervali (min)	Aktinometr AT-50 yordamida quyosh radiatsiyasini o‘lchash (Vt/m^2)	PL-110SM Solar-Meet qurilmasi yordamida quyosh radiatsiyasini o‘lchash (Vt/m^2)	Etalon quyosh elementlari yordamida quyosh to‘g‘ri radiatsiyasini o‘lchash (Vt/m^2)
1	0			
2	10			
3	20			
4	30			
5	40			
6	50			
7	60			
8	70			
9	80			

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo‘lgan ma’lumotlarni ko‘rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Majburiy sirkulyatsiyaga ega ikki konturli termosifon tizimning ish jarayonining yoritib bering.
4. Mavzuga oid jahon adabiyotlari bilan tanishish. Ikki konturli majburiy sirkulyatsiyali termosifon tizimning issiqlik ta’minotidagi o‘rni. 3-jadvalni to‘ldirish.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Majburiy sirkulyatsiyaga ega ikki konturli termosifon tizim haqida nimalarni bilasiz?
2. Binolarni isitishda aktiv geliotizimlar qo‘llanilganda issiqlik binoda qanday tarqaladi?
3. O‘z xonadoningiz uchun issiq suv ta’minoti va isitish tizimi uchun ikki konturli geliotizimni loyihalashni bilasizmi?

6-LABORATORIYA ISHI

QUYOSH NURLANISHINING TUSHISH BURCHAGINI ANIQLASH USKUNASINING ISH JARAYONINI O'RGANISH

Ishdan maqsad

1. Quyosh nurlarining ixtiyoriy qabul qilgich yuzaga tushayotgan burchagini maxsus laboratoriya stendi yordamida aniqlash.
2. Quyosh nurlari tushish burchagini Visual Basic dasturida yaratilgan interfeys yordamida aniqlash.
3. Geliokurilmalarning gorizontga nisbatan og'ish burchagini aniqlash.

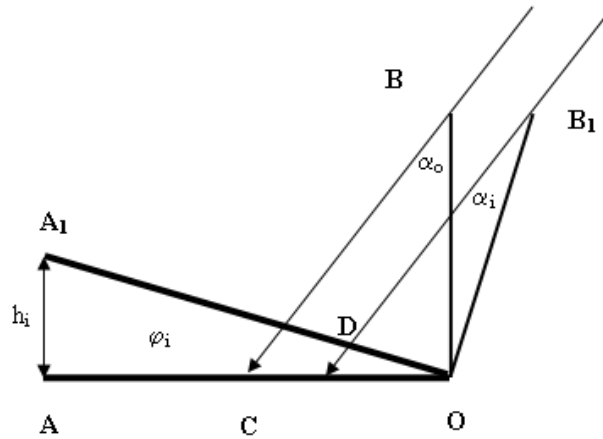
Qisqacha nazariy ma'lumot

Quyosh nurini elektr energiyaga aylantirishning eng yuqori samaradorligi quyosh batareyasi (QB) yuzasini quyosh nuri yunalishiga perpendikulyar joylashgan holatida erishiladi. QB quyoshga nisbatan orientatsiyalash uchun tarkibida elektr energiyasi bilan ishlaydigan servomotor va boshqaruv bloki bo'lgan quyosh holatini kuzatuvchi tizim qo'llaniladi. Quyosh holatini kuzatuvchi tizim narxi ancha yuqori va undan foydalanishga qo'shimcha xarajatlar talab qiladi.

Shuning uchun O'zbekiston Respublikasida QB yunaltiruvchi tizimlarsiz foydalanilmoqda. QB samaradorligini oshirish uchun har oyda quyoshga nisbatan joylashish burchagini o'zgartirib turish shart. Shuning uchun QB quyoshga nisbatan joylashtirishni optimal burchagini aniqlash va shuni oddiy usulini topish zaruriyati paydo bo'ladi.

Mazkur ishda o'lchov metodikasi asosida eksperimental va nazariy usulda quyosh nurining tushish burchagini aniqlash bayon qilingan.

QB joylashtirishning optimal burchagini aniqlash uchun ustiga tug'ri burchak ostida gorizont va vertikal santimetrli chizg'ichlar maxkamlangan to'g'ri burchakli folga plastinka ko'rinishida tajriba stendi loyihalandi va tayyorlandi (1-2 rasm) Butun tizim o'z o'qi atrofida shunday aylanadiki, **VO** chizgich soyasi **AO** chizgich shkalasidan o'tganda ensiz chiziqqa aylansin.



6.1.rasm. Quyosh nurining gorizont va gorizontga nisbatan qiya maydonchaga φ burchak ostida tushish sxemasi

Vertikal chizg'ich soyasi uzunligi bo'yicha α_o quyosh nurini tushish burchagi aniqlanadi va I_{sc} qisqa tutashuv toki, U_{xx} salt yurish kuchlanishi o'lchanadi. Maydonchani tekisligi h_i balandlikga kotariladi, **BO** vertikal chizgichni L_i soya uzunligi va J_{sc} qisqa tutashuv toki o'lchanadi. h_i balandlikni Δh o'lchamga oshirib, vertikal chizg'ich soyasi uzunligi $L_n \sim 0$, nolga teng bulgunicha, o'lchovlarni takrorlayveramiz. Bu quyosh nurini normal tushishiga mos keladi. U_{xx} salt yurish kuchlanishini takroran o'lchaymiz. O'lchov natijalari bo'yicha α_i va φ_i burchaklarni hisoblab chikamiz.

$$\alpha_i = \arctg \frac{L_i}{H} \quad (6.1)$$

$$\varphi_i = \arcsin \frac{h_i}{S} \quad (6.2)$$

qisqa tutashuv tokini zichligini hisoblaymiz va $j_{sc,i} = f(\alpha_i)$ bog'liqligini ko'ramiz. Quyidagi ayniyat hamisha o'rinli:

$$\alpha_o = \alpha_i + \varphi_i \quad (6.3)$$

Quyosh nurini tushish burchagini geografik koordinatalar va mahalliy vaqt buyicha formula yordamida aniqlash mumkin.

$$\cos \alpha_0 = A \sin \delta + (B + C) \cos \delta \quad (6.4)$$

bu yerda,

$$A = \sin \varphi \cos \beta - \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma$$

$$B = \sin \beta \cos \gamma \sin \omega \quad (6.5)$$

$$C = (\cos \varphi \cos \beta + \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma) \cos \omega$$

$$\delta = 23.5 \sin \left(\frac{2\pi(284+n)}{365} \right) \quad (6.6)$$

$$\omega = \frac{\pi}{12}(t-12) \quad (6.7)$$

β - maydoncha tekisligining gorizontga qiyalik burchagi, γ - quyoshning azimuti, δ - quyoshning og'ish burchagi, ω - quyosh soat burchagi, t – mahalliy vaqt, n – yil kuni. (4) - (7) formulalar asosida quyosh nurini tushish burchagini hisoblash dasturidan foydalanish mumkin, uni interfeysi 2 - rasmda keltirilgan.



6.2-рasm. Quyosh nurlanishining tushish burchagini aniqlash bo'yicha dastur interfeysi



6.3-rasm. Quyosh nurlanishining tushish burchagini aniqlash bo'yicha laboratoriya stendi

Tayyorlangan o'lchov stendi yordamida test o'lchovlari o'tkazildi (6.3 rasm). Vertikal chizgich uzunligi $H = 30,3$ sm, stend stolchasining uzunligi $S = 20$ sm. O'lchovlar "Alternativ energiya manbalari" geliopoligonida Toshkent shahrida kunduz soat 11^{00} bulutsiz ochiq havo kunida o'tkazildi. O'lchov stendining ikki holati buyicha quyosh nurining tushish bo'rchagi aniqlanadi.

O'lchash natijalari quyidagi jadvalda to'ldirilsin.

6.1-jadval

Sana	Vakt	Soya uzunligi, sm	Ko'tarilish balandligi, sm	α_0		φ_0
				Xisoblash	Tajriba	Tajriba

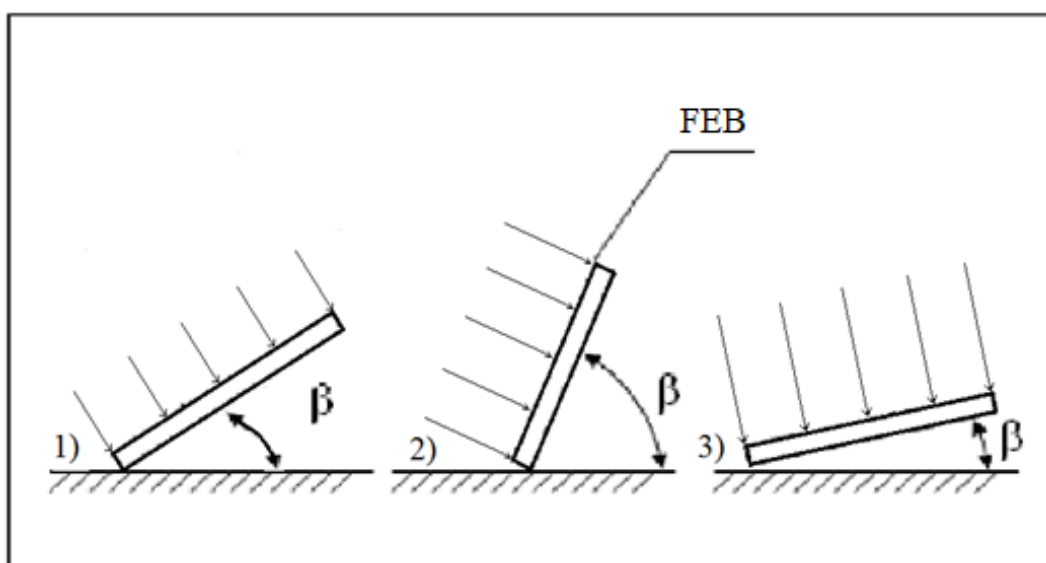
Fotoelektrik batareyani gorizontga nisbatan og'ish burchagini aniqlash

Fotoelektrik batareyani (FEB) maksimal holda yoritilganlik yaxshi joyga ya'ni janubga tomon qiyalik burchak ostida o'rnatiladi. Shuningdek qurilmaning yuza maydoniga quyosh nurlanishi tushishini hisobga olib mavsumiy quyosh holatining o'zgarishini hisobga olish zarur. Har bir kenglik uchun fotoelektrik batareya qurilmasining optimal qiyalik

burchagi uchun mavjud bo‘lib faqatgina ekvatorga yaqin joylashgan hududlarda fotoelektrik batareyalari gorizontal joylashadi.

Odatda FEB qiyalik burchagi bir yilda 3 marta tayanch konstruksiyada aniq holatda o‘zgartiriladi (4-rasm). Agar FEB tekis yuzalikda o‘rnatilgan bo‘lsa ham, eng muhimi ularni yer sathidan ma’lum bir masofada ko‘tarilib turishi lozim. Bu qurilma ostida qilingan fazo erkin havo sirkulyatsiyasi hosil qilish uchun amalga oshiriladi.

Tekislik va FEB o‘rtasidagi masofa ≥ 5 sm dan ko‘proqni tashkil etishi zarur, aks holda FEB kuchli ravishda o‘ta qizib akkumulyator batareyasiga zaryadlash jarayonida elektr energiya ishlab chiqarishni susaytiradi. Tayanch konstruksiya ham noqulay ob havo sharoitlariga ham barqaror bo‘lishi zarur: kuchli shamol tezliklari, yog‘ingarchilikning katta miqdori va karroziya xossalari.



6.4-rasm. Bahor va yoz teng kunligi (1), qish davri (2) va yoz mavsumi uchun (3) FEB o‘rnatishning qiyalik burchagi

FEB qabul yuzasi qiyalik burchagiga ko‘ra oyiga bir marta orientatsiya qilinadi va quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\beta_0 = \varphi - \delta_0 \quad (6.8)$$

bu φ - hududning geografik kengligi, $^{\circ}$; δ_0 - berilgan oy uchun quyoshning og‘ish burchagi, $^{\circ}$;

Quyoshning og‘ishi Kuper formulasi bo‘yicha quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \quad (6.9)$$

Bu yerda n- 1 yanvardan boshlab hisoblanadigan yil kunning tartib nomeri. n sifatida odatda yil oylari I-XII uchun oy kunning o'rtacha hisob nomeri olinadi.

(6.8) ifodaga ko'ra Toshkent shahri uchun FEB optimal burchak ostida o'rnatish uchun hisob ishlari 1-jadvalda keltirilgan. Toshkent shahrining geografik kengligi $41^{\circ}15'52''$ ga teng.

6.2 -jadval

Oylar											
Gorizontal qiyalikka nisbatan FEB optimal o'rnatish burchagi (grad.)											
Yanv.	Fevr.	Mart	Apr.	May	Iyun	Iyul	Avg.	Sent.	Oktyab.	Noyab.	Dekab.
57	49	41	33	25	18	25	33	41	49	57	64

Hisob ishlari shuni ko'rsatdiki, bahor va kuzgi teng kunliklar uchun optimal qiyalik burchagi hududning geografik kengligiga bog'liq. Ammo FEB ekspluatatsiya jarayonida qiyalik burchagi orientatsiyasini oylar bo'yicha o'zgartirish qiyinchiliklar uyg'otadi. Shunday qilib, fotoelektrik batareyaning qiyalik burchagini tanlash mavsumiy o'zgarishlarga (qish, bahor, yoz va kuz) bog'liq holda amalga oshiriladi.

Berilgan geografik hududdagi quyosh inzolyatsiya miqdorini bilib dekabr va yanvar oylari uchun minimal quyosh nurlanishi energiyasini topamiz. Bu ikki oy davomida quyosh og'ishi (analemma ko'rsatkichi bo'yicha) $17,5^{\circ}$ dan $-23,5^{\circ}$ gacha tashkil etadi. O'rtacha og'ish burchagi kattaligi bu burchaklarning o'rtacha arifmetik kosinuslari orqali aniqlanadi:

$$\cos \delta_{cp.} = \frac{\cos(-17,5^{\circ}) + \cos(-23,5^{\circ})}{2} \quad (3), \text{ bu erdan } \text{sos} \delta_{sr.} = -20,7^{\circ}. \text{ Unda}$$

Toshkent shahrida qish mavsumi uchun optimal qiyalik burchagi quyidagicha:

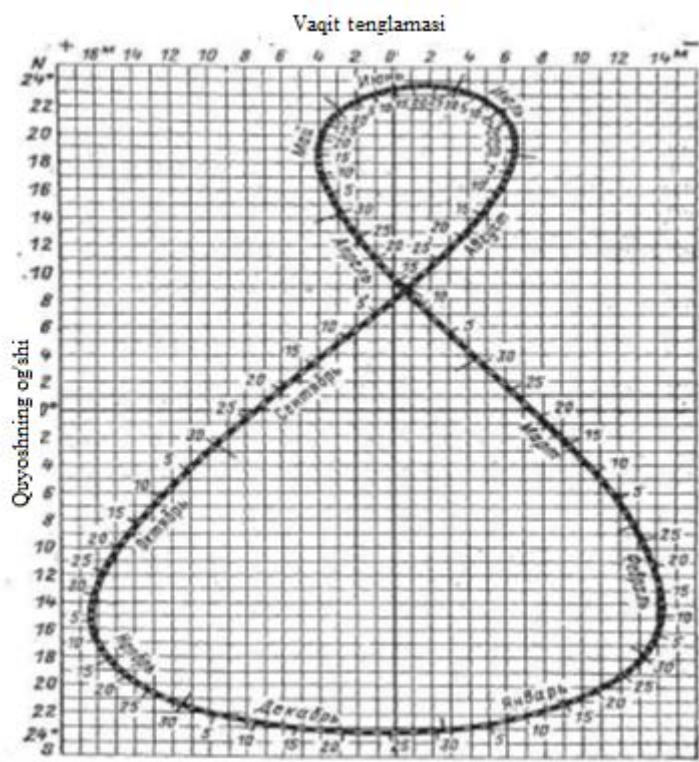
$$\beta_0 = 41^{\circ} - (-20,7^{\circ}) = 61,7^{\circ} \quad (6.4)$$

Hisob ishlarini yoz mavsumi (iyun, iyul) uchun davom ettiramiz:

$$\cos \delta_{cp.} = \frac{\cos(23,5^{\circ}) + \cos(18,5^{\circ})}{2}; \quad (5), \text{ bu yerdan } \text{sos} \delta_{sr.} = 21,1^{\circ}. \text{ Yoz}$$

mavsumi uchun optimal qiyalik burchagi quyidagiga teng;

$$\beta_0 = 41^{\circ} - 21,1^{\circ} = 19,9^{\circ} \quad (6.6)$$



6.5-rasm. Analemma

Quyida Toshkent shahri sharoitida yil mavsumlariga mos ravishda FEB gorizontalga nisbatan burchak ostida oʻrnatish uchun jadval keltirilgan.

6.3-jadval

Yil mavsumlari boʻyicha gorizontal tekislikka nisbatan FEB oʻrnatishning optimal qiyalik burchagi		
Qishda	Bahor va kuzda	Yozda
~62 ⁰	~41 ⁰	~20 ⁰

Oʻzbekistonning qolgan hududlari uchun ham FEB oʻrnatishning optimal qiyalik burchagini aniqlang. Masalan, Samarqand viloyati uchun natijalarni 4-jadvalda keltiring. Samarqand viloyatining geografik kengligi 39°39'15" ga teng.

6.4 jadval

Oy											
Gorizontal qiyalikka nisbatan FEB optimal oʻrnatish burchagi (grad.)											
Yanv.	Fevr.	Mart	Apr.	May	Iyun	Iyul	Avg.	Sent.	Oktyab.	Noyab.	Dekab.

Nazorat savollari

1. Quyosh nurlanishining tushish burchagini aniqlashning zaruriyati, sabablarini tushuntiring?
2. Kuper formulasini tushuntiring?

3. Hududning geografik kengligi haqida tushuncha bering?
4. Anelemma nima?
5. Quyoshning og'ish burchagi, zenit burchak, azimuti, vaqt tenglamasi haqida tushuncha bering?

7-LABORATORIYA ISHI

QUYOSH ELEMENTLARINING (1-4 VT) VOLT-AMPER VA VOLT-VATT XARAKTERISTIKASINI O'RGANISH

Ishning maqsadi

1. Tajribada quyosh elementining elektrofizik xususiyatlarini o'rganish uchun uning asosiy xarakteristikasi bo'lgan VAX, VVX o'rganish va grafigini yasash.

2. Tajribada stendida joylashgan quyosh elementining elektrofizik xususiyatlarini o'rganish uchun uning asosiy xarakteristikasi bo'lgan VVX o'rganish va grafigini yasash.

Qisqacha nazariy ma'lumot

Ushbu laboratoriya stendi oliy o'quv yurtlarida, o'rta maxsus kasb hunar kollejlari, akademik litseylarda tahsil olayotgan talabalar uchun fizika fanidan quyosh elementlarining (fotoelement) elektrofizik xususiyatlarini o'rganishga imkon beruvchi vosita hisoblanadi.

Eksperimental qurilma laboratoriya stolida joylashgan bo'lib quyidagi qismlardan tashkil topgan: quyosh spektrlarini qisman tavsiflovchi 150 Vt quvvatdagi o'zgaruvchan tok 220 V, 50 Gs chastotaga mo'ljallangan galogen lampa (yorug'lik manbai), lampani ma'lum balandlikda tutib turuvchi shtativ, quyosh fotoelektrik batareyasi (QFB), ampermetr, voltmetr va o'zgaruvchan yuklanish qarshiliklaridan R_n tashkil topgan (1.rasm).

Tajriba ishida 2 ta har xil quvvatdagi QFB dan foydalaniladi. QFB ning fototok chiqish yunalishida klemma mavjud bo'lib qarama-qarshi qutblari belgilab qo'yilgan.

Lampadan tarqalayotgan yorug'lik nurlari bevosita quyosh fotoelektrik moduliga perpendikulyar burchak ostida tushadi. Shtativda galogen lampani uch xil holatda modulga yo'naltirish mumkin. Bu QFM dan 15

sm, 25sm, 35sm balandlikda amalga oshiriladi. O‘zgaruvchan yo‘klanishlar qarshiligi 1÷180 Om intervalda ishlaydi.

Quyosh elementlarining asosiy xarakteristikasi hisoblangan volt-amper xarakteristika (VAX), volt-vatt xarakteristika (VVX) va spektral sezgirlik yarimo‘tkazgich materiallarning optik va elektrofizik xususiyatlariga bog‘liqdir. Quyosh elementlarining VAX, VVX xarakteristikasini o‘lchash uchun quyidagi sxemalardan foydalanildi. (2. rasm).

Quyosh elementlarining VAX r-n o‘tishli yarimo‘tkazgichli diodning VAX dan yangi I_f hadning paydo bo‘lishi bilan farq qiladi. I_f – optik nurlanish ta’sirida quyosh elementida generatsiya bo‘lgan tokdir. Agar I_d – diod orqali oqayotgan tok va I – tashqi yuklanma orqali oqayotgan tok bo‘lsa, u holda,

$$I_f = I_d + I \quad (7.1)$$

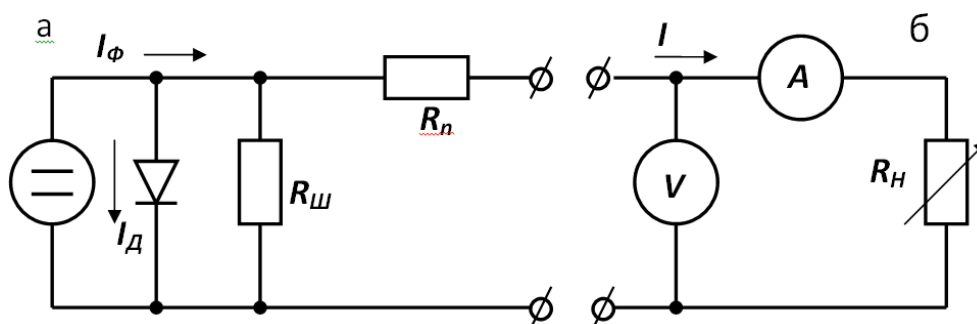
$$I_d = I_0 + \left(\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1 \right) \quad (7.2)$$

diodning qorong‘ilikdagi xarakteristikasi, I_0 – r-n o‘tishning teskari yo‘nalishdagi to‘yinish toki, q – elektron zaryadi, T – absolyut harorat, k – boltsman doimiyliigi, U – kuchlanish.

QE ning asosiy xarakteristikalarini o‘lchashning tartibi quyidagicha amalga oshirildi. Dastlab QE ning parametrlari laboratoriya sharoitida galogen lampa yordamida, so‘ngra tabiiy sharoitda quyosh nurlariga perpendikulyar holatda joylashtirish orqali amalga oshirildi.



7.1.rasm. QE ning voltamper xarakteristikasini o‘rganish uchun eksperimental qurilma



7.2. rasm. Quyosh elementlarining ekvivalent (a) va o‘lchash (b) sxemalari

Tajribani o‘tkazish tartibi

Laboratoriya sharoitida o‘lchash

1. Galogen lampa shtativda laboratoriya stolidan maksimal balandlikka 15 sm o‘rnatiladi, lyuksmetr yordamida lampaning yoritilganligi QE sathi paralleligida o‘lchab olinadi.

2. O‘zgaruvchan yuklanish qarshiligini o‘zgartirish orqali birinchi QE tok va kuchlanish qiymatlari 7.1-jadvalga yozib olinadi. Laboratoriya sharoitida QE ning lampaning 15 sm balandlikda holatida eksperiment natijasida olingan VAX, VVX grafiklari quriladi.

7.1-jadval

№	Lampa -ning yoritilganligi (lyuks)	Lampadan QE bo‘lgan masofa (sm)	QE toki (A)	QE kuchlanishi (V)	QE ning nominal quvvati	QE ning salt yurish kuchlanishi U_{xx} (V)	QE ning qisqa tutashuv toki $I_{k.z.}$ (A)	QEning FIK (%)
1		15						
2		15						
3		15						
4		15						
5		15						
6		15						
7		15						
8		15						
9		15						

3. Galogen lampa shtativda laboratoriya stolidan maksimal balandlikka 25 sm o‘rnatiladi, lyuksmetr yordamida lampaning yoritilganligi QE sathi paralleligida o‘lchab olinadi.

4.O‘zgaruvchan yuklanish qarshiligini o‘zgartirish orqali birinchi QE tok va kuchlanish qiymatlari 7.2-jadvalga yozib olinadi. Laboratoriya sharoitida QE ning lampaning 25 sm balandlikda holatida eksperiment natijasida olingan VAX, VVX grafiklari quriladi.

7.2-jadval

№	Lampa-ning yoritilganligi (lyuks)	Lampadan QE bo‘lgan masofa (sm)	QE toki (A)	QE kuchlanishi (V)	QE ning nominal quvvati	QE ning salt yurish kuchlanishi (V)	QE ning qisqa tutashuv toki (A)	QE ning FIK (%)
1		25						
2		25						
3		25						
4		25						
5		25						
6		25						
7		25						
8		25						
9		25						

5.Galogen lampa shtativda laboratoriya stolidan maksimal balandlikka 35 sm o‘rnatiladi, lyuksmetr yordamida lampaning yoritilganligi QE sathi paralleligida o‘lchab olinadi.

6.O‘zgaruvchan yuklanish qarshiligini o‘zgartirish orqali birinchi QE tok va kuchlanish qiymatlari 7.3-jadvalga yozib olinadi. Laboratoriya sharoitida QE ning lampaning 35 sm balandlikda holatida eksperiment natijasida olingan VAX, VVX grafiklari quriladi.

7.1-jadval

№	Lampa-ning yoritilganligi (lyuks)	Lampadan QE bo‘lgan masofa (sm)	QE toki (A)	QE kuchlanishi (V)	QE ning nominal quvvati	QE ning salt yurish kuchlanishi (V)	QE ning qisqa tutashuv toki (A)	QE ning FIK (%)
1		35						
2		35						
3		35						
4		35						
5		35						
6		35						
7		35						
8		35						
9		35						

Tajriba natijalarini hisoblash

1. QE ning nominal quvvati R_n quyidagicha hisoblanadi.

$$P_n = U_{x.x} \times I_{k.z} \times \xi$$

bu yerda ξ – volt-amper xarakteristikasini to‘ldirish koeffitsienti. Kremniy asosidagi zamonaviy quyosh elementlari uchun ξ -0,7-0,8 ni tashkil etadi.

$$\xi = \frac{R_n}{R_p}$$

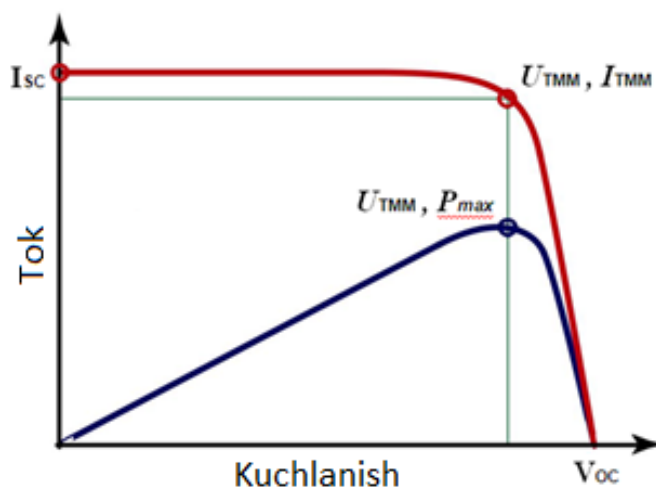
$$R_p = U_{x.x} \times I_{k.z} \times \xi - \text{QE ning pik (ideal) quvvati}$$

2. QE ning foydali ish koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi.

$$\eta = \frac{U_{x.x} \times I_{k.z} \times \xi}{E_0 \times S_{pv}} \times 100\%$$

bu yerda E_0 - Lampaning yoritilganligi (lk) $\frac{vt}{m^2}$ ga almashtiriladi. S_{pv} – QE ning umumiy yuzasi (m^2).

3. QE ning volt-amper va volt-vatt xarakteristikalari qo‘yidagi rasmda ko‘rsatilganidek quriladi.



7.3- rasm. Quyosh elementining yoki FEBning volt-amper va volt-vatt xarakteristikalari

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Quyosh elementining volt-amper va volt-vatt xarakteristikasi va uning to'liq ish jarayonining yoritib bering.
4. Tajriba natijalari bo'yicha 1-3 jadvallarni to'ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Quyosh elementi haqida nimalarni bilasiz?
2. Quyosh elementlarining ekvivalent va o'lchash sxemalarini bilasizmi?
3. Quyosh elementining konstruktiv tuzilishini aytib bering?
4. Quyosh elementining asosiy parametrlari va xarakteristikalarini ayting?
5. Quyosh elementining yoki FEBning volt-amper va volt-vatt xarakteristikalarini qanday olish mumkin?

8-LABORATORIYA ISHI

QUYOSH FOTOELEKTRIK MODULINING VOLT-AMPER VA VOLT-VATT XARAKTERISTIKASINI O'RGANISH

Ishdan maqsad

1. Quyosh fotoelektrik batareyasining volt-amper xarakteristikasini olishni tajribada o'rganish.
2. Quyosh fotoelektrik batareyasining volt-vatt xarakteristikasini olishni tajribada o'rganish.

Qisqacha nazariy malumot

Fotoelektrik tizimlarda asosiy element sifatida quyosh elementlari xizmat qiladi.

Quyosh elementlari p-n turli yarimo'tkazgichli materiallardan tashkil topgan. Quyosh nurlanishi yarimo'tkazgichli material strukturasi yutilib

elektron-kovaklar juftligini hosil qiladi, soʻngra p-n oʻtish orqali ajratilib element old va orqa yuzasidagi metall kontaktlarda yigʻiladi.

Quyosh elementlarini ommaviy ravishda ishlab chiqarish uchun asosiy material sifatida hanuzgacha kristall kremniy hisoblanadi. Hamma quyosh elementlarining 80% dan ortigʻi u asosida tayyorlangan tagliklardan iborat boʻladi. Quyosh nurlanishini yaxshi yutish qobiliyatiga ega boʻlmasada u boshqa yarimoʻtkazgich materiallarga qaraganda qator afzalliklarga ega:

1). Kremniy yer yuzasida kremniy oksidi shaklida keng tarqalgan.

2). Kremniy zararli va faol element boʻlmagani uchun atrof muhitga zarar keltirmaydi.

3). Mikroelektronika sanoatida kremniy texnologiyasi yaxshi oʻrganilgan.

Kremniyli quyosh elementlarining amaliyotdagi samaradorligi 10-19% atrofidadir. Uning yupqa plenkali kaskad quyosh elementlarini tayyorlashda ham ishlatiladi. Bu materiallarning kamchiligi vaqt oʻtishi, harorat ortishi, yuzasining changlanishi bilan xarakteristikalarining yomonlashishidir, shuningdek yuqori texnologiyalik, ishlab chiqarishdagi chiqimlilik ham hisoblanadi.

Quyosh fotoelektrik panellari quyosh nurlanishining bir qismini doimiy elektr tokiga oʻzgartirib fotoelektrik stansiyaning asosiy qismi hisoblanadi. Quyosh fotoelektrik panellari (fotoelektrik batareya) odatda ketma-ket va parallel ulangan quyosh elementlaridan tashkil topadi. Quyosh elementlari bir biri bilan ulangan holda modullarni (panellarni), modullar bir biri bilan ulanib yirik fotoelektrik stansiyaning hosil qiladi.

Hozirgi vaqtda quyosh fotoelektrik panellarining uchta turi keng tarqalgan:

-monokristall kremniyli;

-polikristall kremniyli;

-yupqa qatlamli;

Quyosh nurlanishini elektr energiyasiga yuqori samarador oʻzgartiruvchi bu monokristall kremniy asosidagi quyosh panellari hisoblanadi: ularning FIK amaliyotda 18-19,5% ni, yaroqlilik muddati esa 25 yildan kam emas.

Bunday panellarning asosiy materiali monokristall koʻrinishidagi toza kremniy boʻlib kremniy eritmasidan sekin tortib olinib oʻstiriladi. Bu jarayon Choxralskiy qurilmasida amalga oshiriladi. Bunday usul bilan oʻstirilgan kremniy sterjenlari qalinligi 0,2...0,4 mkm holatda lazer qurilmasida kesiladi, soʻngra edirish, silliqlash, tozalash jarayonidan soʻng p-n oʻtish amalga oshiriladi. Navbatdagi jarayon plastinaning orqa tomoni

to'liq metall kontakt bilan qoplanadi, frontal tomoni esa nm qalinlikda lazer qurilmasida kanallar hosil qilinadi va metall to'rli kontakt yaratilib, himoya qoplamasi yotqiziladi. So'ngra frontal yuzada akslanishni kamaytirish uchun antiakslantirgich himoya qoplamasi uchiriladi. Yuqoridagi jarayonlar quyosh elementini tayyorlash bosqichlari hisoblanadi.

Yakka holdagi quyosh fotoelektrik panellarining quvvati 10...400 Vt ga etishi mumkin. Ushbu turdagi quyosh panellardan optimal quvvat olish uchun ularning ishchi harorati 15...25 °C atrofida bo'lishi lozim, chunki maksimal quvvat olish faqat ochiq havoda, atrof muhit harorati 25°C, panellarning yo'nalishi quyoshga orientatsiyalanganda sodir bo'ladi. Hattoki, kichik bulutlilik mavjudligida ham ularning quvvati 70% gacha kamayadi, to'liq bulutlilik vaqtida 90% gacha ham kamayishi mumkin.

Shuning uchun amaliyot vaqtida monokristall panellardan maksimal quvvat olish uchun ularni quyosh potentsiali yuqori bo'lgan hududlarga o'rnatib quyosh yo'nalishini avtomatik kuzatish tizimiga ega moslamalar bilan ta'minlash lozim.

Polikristall quyosh elementlari-20 yildan kam bo'lmagan yaroqlilik muddatiga ega bo'lib ularning samaradorligi quyosh nurlanishining tushish burchagiga kuchli bog'liq emas.

Bunday quyosh elementlarini ishlab chiqarishda o'stirish operatsiyasi bo'lmaganligi sababli ularni ishlab chiqarishda energiya iqtisodi yuqoridir va arzon hisoblanadi. Ammo polikristall kremniy strukturasi sohasida alohida kristallchalarning hosil bo'lishi sabab bunday quyosh elementlarining kichik samaradorligi 15..16% ni tashkil etadi.

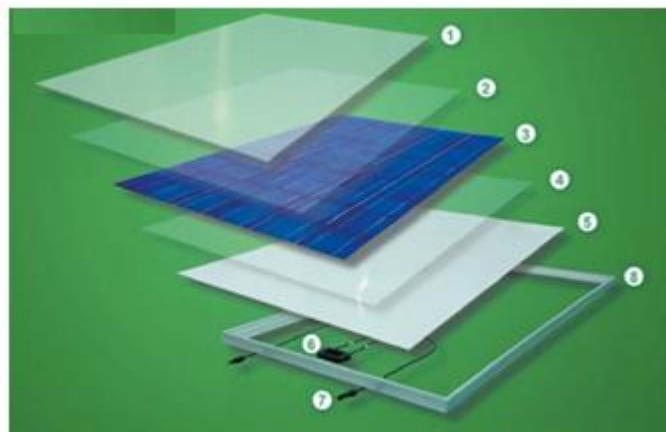
Yupqa qatlamli quyosh elementlari – hamma quyosh elementlarining ichida eng arzon varianti bo'lib ishlab chiqarishda eng kam sarfni talab qiladi.

Bunday quyosh elementlari asosidagi panellar diffuz-sochilgan nurlanishda ham ishlay oladi, to'g'ri yo'nalgan quyosh nurlanishini talab qilmaydi. Ularning yil davomida ishlab chiqargan yig'indi quvvati an'anaviy kristall quyosh panellariga nisbatan 10...15% ga ko'pni tashkil etadi. Yupqa qatlamli quyosh elementlariga amorf kremniy (a-Si), kadmiy tellur (CdTe) misol keltirish mumkin. Amorf kremniyning taqiqlangan zona energiyasini vodorod kirishmasini kiritish (gidrogenezatsiya) yo'li bilan o'zgartirish mumkin. Vodorod bilan legirlangan amorf kremniy (a-Si:N) amorf quyosh elementlarining asosi hisoblanadi. Ba'zida vodorod bilan birgalikda yutuvchi amorf qatlam sifatida germaniy aralashmasidan

ham foydalaniladi (a-SiGe:N). Amorf kremniy quyosh elementlari uchun ishchi o‘tuv sohalari sifatida quyidagi usullar ishlatilishi mumkin: Shotki to‘sig‘i, MDO‘-struktura, p-i-n struktura.

Amorf kremniy quyosh elementlarining asosiy kamchiligi ekspluatatsiya vaqtida degradatsiyalanishi hisoblanadi. Buning natijasida uning FIK kamayadi, bu esa uning yaroqlilik muddatini kamaytiradi. Ayniqsa, kosmosda kuchli ionlashgan nurlanish mavjudligida ularni qo‘llab bo‘lmaydi.

Quyosh fotoelektrik panellarining parametrlari butun dunyoda ishlab chiqaruvchilar tomonidan standart test sharoiti (STC) da olib boriladi. Bunda quyidagilar hisobga olinadi: ($E=1000 \text{ Vt/m}^2$, fotoelektrik modul harorati - 25°C , atmosfera massasi AM1).



8.1.rasm. Quyosh fotoelektrik paneli strukturasi

Quyosh fotoelektrik paneli (1-rasm) quyidagi qismlardan tashkil topgan:

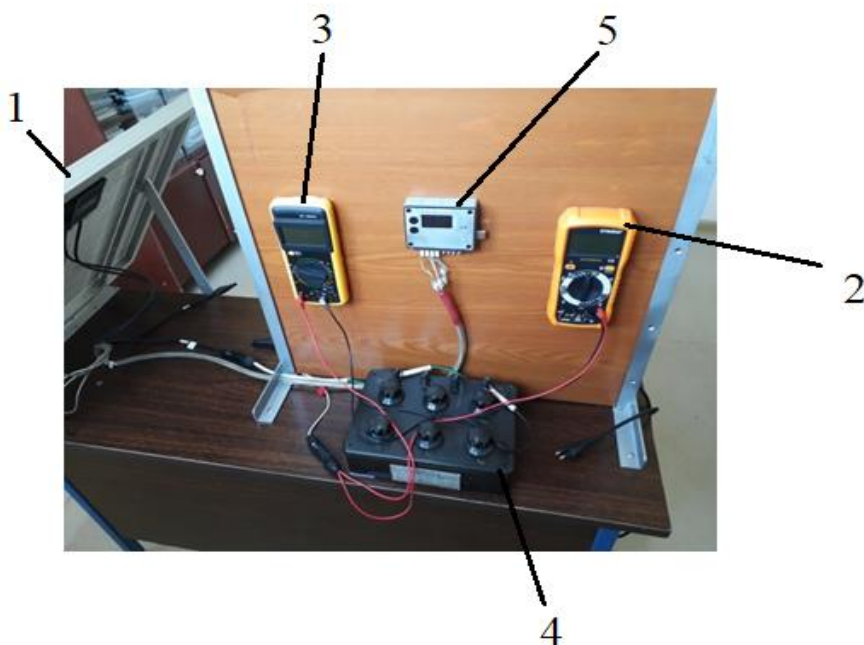
- 1.Himoya shishasi, ya'ni tekstura yuzaga ega bo‘lib odatda yutish koeffitsienti $\sim 92\%$ dan ortiqni tashkil etadi;
- 2.Old laminatsiya plenkasi (EVA - etilenvinilatsetat). Bunday germetik plenklar quyosh elementlarini shisha qatlamga to‘liq (havo pufakchalarisiz) laminatsiyalaydi. Bundan tashqari himoya plenkasini ham o‘ziga laminatsiyalab quyosh elementlarini atmosfera ta’sirlaridan va karroziyadan asraydi.
- 3.Quyosh elementlari zanjiridan tashkil topgan fotoelektrik modul
- 4.Orqa laminatsiya plenkasi (EVA - etilenvinilatsetat).
- 5.Orqa himoya plenkasi (PET–Polietilentereftalat (polyetheleneterftalate), TPE - Termoplastik elastomerdan plenka (thermoplastic elastomer film),

TPT – teflon-poliester-teflon (Tedlar-Polyester-Tedlar). Himoya plenkasi sifatida quyosh elementlarini atmosfera ta'sirlaridan va karroziyadan asraydi.

6. Himoya diodlaridan tashkil topgan klemmali quti, uning vazifasi quyosh panellarida qisman soya tushgan quyosh elementlarini o'ta qizish va ishdan chiqish oldini olish hisoblanadi. Himoya diodlarisiz elementlardan bittasi ishdan chiqib butun panel yaroqsiz holatga kelishi mumkin.

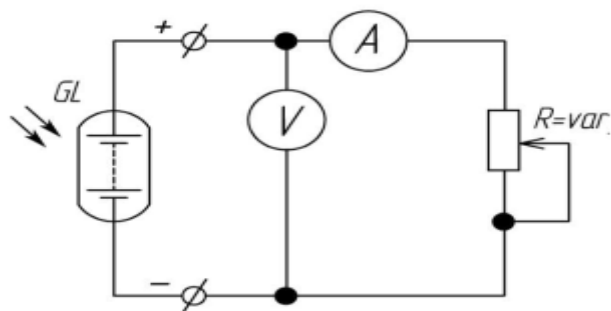
Fotoelektrik batareyalarning asosiy parametrlariga quyidagi kattaliklar kiradi: salt yurish kuchlanishi, qisqa tutashuv toki, pik (maksimal) quvvati, nominal quvvat, foydali ish koeffitsienti, maksimal quvvatdagi tok, maksimal quvvatdagi kuchlanish, volt-amper xarakteristikasini to'ldirish koeffitsienti, qisqa tutashuv toki zichligi. Fotoelektrik batareyalarning xarakteristikalariga esa spektral xarakteristika, volt-amper va volt-vatt xarakteristikasi kiradi.

Laboratoriya stendi 2-3 rasmlarda keltirilgan. Eksperimental qurilma 50 Vt quyosh fotoelektrik batareyasi, 2 ta multimetr (ampermetr va voltmetr o'rnida qo'llash uchun), uzib ulagich, ulovchi simlar va qarshiliklar magazinidan tashkil topgan. Quyosh fotoelektrik moduli laboratoriya stolining chetki qismida joylashgan bo'lib gorizontga nisbatan 3 xil burchak holatda joylashtirish mumkin.



1-FEB,2-ampermetr,3-voltmetr,4-qarshiliklar magazini,5-termometr,

8.2-rasm. Fotoelektrik batareyaning volt-amper va volt-vatt xarakteristikasini olish stendi



8.3-rasm. Fotoelektrik batareyaning volt-amper va volt-vatt xarakteristikasini olishning prinsipial sxemasi

Fotoelektrik batareyaning VAX ni aniqlashda muhim omillar bu harorat va quyosh nurlanishining oqim zichligidir. Quyosh nurlanishi oqim zichligini (Vt/m^2) o'lchash uchun muhim o'lchov asboblaridan foydalaniladi.

Quyosh fotoelektrik modulining standart test sharoitida asosiy texnik ko'rsatkichlari 8.1-jadvalda ko'rsatilgan.

8.1-jadval

No	Parametr	Qiymati
1	Pik (maksimal) quvvat, Vt	50
2	Maksimal quvvatda kuchlanish, V	18,50
3	Maksimal quvvatda tok, A	2,70
4	Salt yurish kuchlanishi, V	22,14
5	Qisqa tutashuv toki, A	2,89
6	Quyosh elementining nominal ishchi harorati, °S	47±2
7	Tizimning maksimal kuchlanishi, V	1000 DC

Qarshiliklar magazinining ish diapazoni 0,1-99999,9 Om ni tashkil etadi.

Tajribani o'tkazish tartibi

Tajriba tabiiy quyosh sharoitida ochiq havoda olib boriladi. Dastlab quyosh fotoelektrik batareyasining yuza qismi janub tomonga qaratiladi, maksimal ravishda quyosh nurlanishining panel yuza qismiga perpendikulyar tushishiga erishiladi. Gorizontga nisbatan burchak (β_0) FEB maksimal qisqa tutashuv toki o'lchangan holda tanlanadi. Talaba qiziqish sifatida qisqa tutashuv tokining β_0 ga bog'liqligini funksiya

sifatida qarab, ya'ni $I_{k.z.} = f(\beta_0)$ ko'rinishida koordinata o'qida grafigini ham qurish mumkin. So'ngra quyosh fotoelektrik batareyasining yuza qismi parallelligida quyosh nurlanishining oqim zichligi (**E**) aktinometr, pergeliometr yoki etalon quyosh elementi yordamida o'lchanadi. 3-rasmdagi prinsipial elektr sxema asosida laboratoriya stendi yig'iladi. Quyosh fotoelektrik batareyasini sxema to'liq ulanib bo'lingandan so'ng uzib ulagich yordamida qo'shish tavsiya etiladi. O'zgaruvchan qarshiliklar magazinidan foydalangan holda kichik qarshilik qiymati 0,1 Omdan boshlab qarshilik yuklamasi o'zgartiriladi, bunda ampermetr va voltmetrning ko'rsatkichlarini yozib olamiz. Yozib olingan qiymatlar 8.2-jadvalga kiritiladi.

8.2-jadval

FEB ning gorizontga nisbatan og'ish burchagi β_0 (grad.) -								
№	Volt-amper xarakteristik asini to'ldirish koeffitsienti ξ	Quyosh nurlanishi oqim zichligi E (Vt/m ²)	FEB ning salt yurish kuchlanishi U_{xx} (V)	FEB ning qisqa tutashuv toki $I_{k.z.}$ (A)	FEB ning nominal quvvati R_n .	FEB toki (A)	FEB kuchlanishi (V)	Qars hilik R (Om)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Tajriba natijalarini hisoblash

1. FEB ning nominal quvvati R_n quyidagicha hisoblanadi.

$$P_n = U_{x.x} \times I_{k.z} \times \xi = U_n \times I_n$$

bu yerda ξ – volt-amper xarakteristikasini to'ldirish koeffitsienti. Kremniyli zamonaviy quyosh elementlari uchun ξ -0,7-0,8 ni tashkil etadi.

$$\xi = \frac{R_n}{R_p}$$

$R_p = U_{x.x} \times I_{k.z} \times \xi$ - FEB ning pik (ideal) quvvati

2. FEB ning foydali ish koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi.

$$\eta = \frac{U_{x.x} \times I_{k.z} \times \xi}{E_0 \times S_{pv}} \times 100\%$$

bu yerda E – quyosh nurlanishining oqim zichligi $\frac{Vt}{m^2}$; S_{pv} – FEB ning umumiy yuzasi (m^2).

3. FEBning volt-amper va volt-vatt xarakteristikalarini Microsoft Office paketining Ms Excell dasturida yoki Origen dasturida qurish mumkin.

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo‘lgan ma’lumotlarni ko‘rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Fotoelektrik batareyaning volt-amper va volt-vatt xarakteristikasi va uning to‘liq ish jarayonining yoritib bering.
4. Tajriba natijalari bo‘yicha 2-jadvalni to‘ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Quyosh fotoelektrik batareyasi haqida nimalarni bilasiz?
2. Quyosh fotoelektrik tizimlari ish jarayoniga ko‘ra necha turga bo‘linadi?
3. Zaryad-razryad kontrollerlari nima?
4. Quyosh fotoelektrik qurilmalarining akkumulyatsiya tizimi haqida nimalarni bilasiz?
5. Zamonaviy invertorlarning qanday turlarini bilasiz?

9-LABORATORIYA ISHI

QUYOSH FOTOELEKTRIK MODULINING HARORAT REJIMLARINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad

Atrof-muhit haroratini hisobga olib 50 Vt pik quvvatiga ega kristall kremniy asosidagi quyosh fotoelektrik batareyasining harorat rejimlarini aniqlash

Qisqacha nazariy malumot

FEB harorati - umuman olganda FEB elektrik parametrlari va samaradorligini aniqlovchi asosiy omillardan biridir. QE haroratning ko'tarilishi ularning taqiqlangan zona kengligining ortishiga va shu jumladan uzun to'liqinli sohada fotojavob spektrining kengayishi hisobiga fototokning bir oz ortishiga olib keladi. Ammo, harorat ko'tarilganda fototokning ortishi salt yurish kuchlanishi va VAX to'ldirish koeffitsientining kamayishini kompensatsiya qilmaydi, natijada to'yinish tokining eksponensial ortishi FIK sezilarli kamayishiga olib keladi. Harorat ko'tarilishi bilan yarimo'tkazgichlarning taqiqlangan zona kengligi kamayadi, yutish chegaralari kichik energiya sohasiga siljiydi. Kremniy va arsenid galliy QE uchun $E_g(T)$ monoton bo'lib quyidagi ifoda yordamida approksimatsiyalanadi:

$$E_g^{Si}(T) = E_g - \frac{4.73 \cdot 10^{-4} T^2}{T+636} \text{ eV} \quad (9.1)$$

$$E_g^{GaAr}(T) = E_g - \frac{5.405 \cdot 10^{-4} T^2}{T+204} \text{ eV} \quad (9.2)$$

bu yerda T- QE harorati.

Shuningdek, nol yoritilganlik darajasida QE salt yurish kuchlanishi nolga teng bo'lmaydi. Kremniyli QE uchun uning qiymati standart 25 °C haroratda quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{xx} = \frac{1}{2} \left(\frac{E_g}{q_e} - \frac{3kT}{2q_e} \right) \approx 0.53 V \quad (9.3)$$

Asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilar yo‘q bo‘lgan sharoitda, ya’ni yoritish bo‘lmaganda n-turdan p-turga yarimo‘tkazgichning o‘tish chegarasida potensial to‘siqning shakllanish nazariyasi bilan tasdiqlanadi.

Salt yurish kuchlanishi harorat o‘zgarganda qo‘yidagi ifodadan topiladi:

$$U_{xx}(T) = U_{x.x.0} + \beta(T_0 - T) \quad (9.4)$$

Bu yerda, $U_{x.x.0}$ – standart haroratda salt yurish kuchlanishi; β – kuchlanish bo‘yicha harorat koeffitsienti $mV/^{\circ}C$; $T_0 = +25^{\circ}C$.

Ba’zi ilmiy adabiyotlarda kuchlanish bo‘yicha harorat koeffitsienti QE harorati $25^{\circ}C$ dan har bir gradusga ko‘tarilganda chiziqli ravishda $-2,3 mV^{\circ}C^{-1}$ ga kamayishi yozilgan.

$$\frac{\partial U_{xx}}{\partial T} \approx -2.3 mV^{\circ}S^{-1} \quad (9.5)$$

Tokning qiymati har xil haroratlarda va yoritilganlikda qo‘yidagi ko‘rinishga ega:

$$I_{o.n} = I_{k.z} \left(\frac{E_{FEB}}{E_0} \right) - \alpha \left(\frac{E_{FEB}}{E_0} \right) (T_0 - T) \quad (9.6)$$

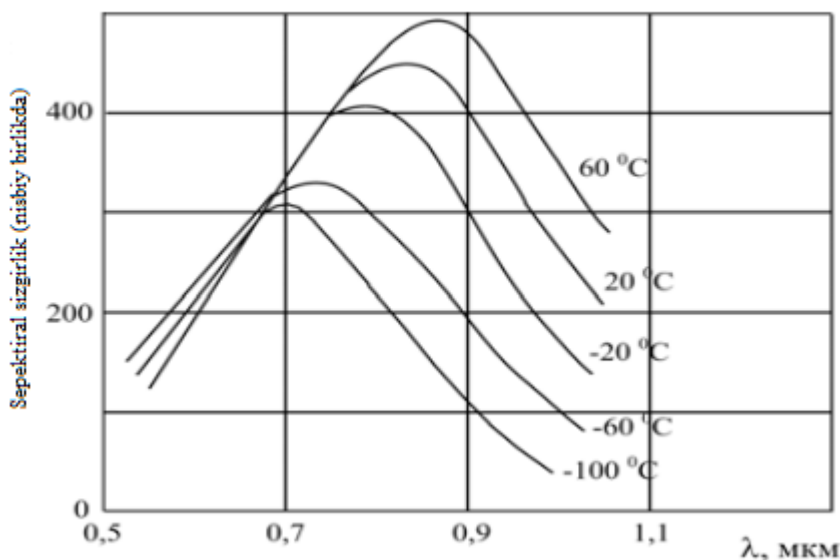
bu yerda $I_{o.n}$ – har xil haroratlarda optimal nuqtada tokning qiymati, A; $I_{k.z} \left(\frac{E_{FEB}}{E_0} \right)$ – yoritilganlikka bog‘liq holda qisqa tutashuv tokining o‘zgarishi; E_0 – standart sharoitda yoritilganlik qiymati $E_0 = 100 \frac{Vt}{m^2}$; E_{FEB} – FEB yuzasiga tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligining kunduz vaqtidagi o‘rtacha oylik qiymati kVt/m^2 ; α – tok bo‘yicha harorat koeffitsienti $mA/^{\circ}C$.

Teskari to'yinish toki I_0 haroratga bog'liq holda qo'yidagi ko'rinishga ega:

$$I_0 = I_{0.n} \exp\left(-\frac{qU_{xx}t}{A_k k(t+273)}\right) \quad (9.7)$$

bu yerda A_k -diod koeffitsienti.

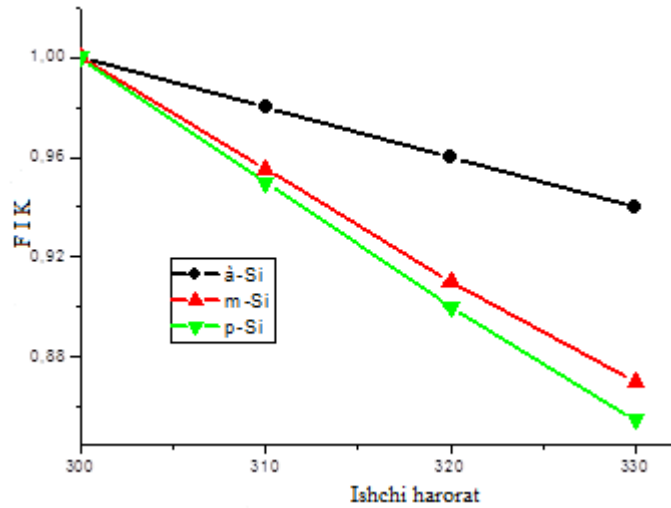
FIK haroratga bog'liq holda, ayniqsa ishchi haroratning keng interval oraliqlarida QE kosmosda va issiq iqlim sharoitida yerda ekspluatatsiya vaqtida salbiy o'zgarishi katta ahamiyat kasb etadi. Masalan, kremniyli QE uzun to'liqinli spektr sohasida spektral sezgirligining keskin kamayishi, (qisqa to'liqinli qismida bir qancha o'sishiga) ular haroratining kamayishi kuzatiladi.



9.1-rasm. Kremniyli QE spektral sezgirligining haroratga bog'liqligi

QE har xil turlarining haroratga bog'liqlik xarakteristikalarini har xil bog'liqlikga ega. Amorf kremniyli QE parametrlari kristall kremniyli QE ga nisbatan harorat ta'sirida kamroq degradatsiyalanadi (2-rasm). Masalan, kosmos uchun mo'ljallangan arsenid-galliy QE yuqori haroratlarda (~150 °C) ham o'zining samaradorligini saqlab qoladi, shuningdek u radiatsion barqaror element hisoblanadi.

Yupqa qatlamli kadmiy-sulfid QE 100°C gacha o'zining yuqori samaradorligini saqlab qoladi.



9.2-rasm. Har xil turdagi QE elektrik samaradorligining ishchi haroratga bog‘liqligi

Belgilanishi: $\eta(T)/\eta(T_0)$ - FEB elektrik samaradorligining standart sharoitda FEB samaradorligiga nisbati; β_0 –QE tayyorlangan materialning harorat koeffitsienti; m-Si, p-Si, a-Si – mos ravishda monokristall, polikristall, amorf kremniy QE belgilanishi. (odatda $T_0 = 25^\circ\text{C}$, $\eta_0 \approx 0.12$, $\beta_0 \approx 0.0045^\circ\text{C}^{-1}$, $G = 1000 \text{ Vt/m}^2$)

Ishni bajarish tartibi: Dastlab 50 Vt pik quvvatga ega kristall kremniyli FEB joylashgan laboratoriya stendi tabiiy ochiq havoga olib chiqiladi. So‘ngra FEB janub tomonga orientatsiya qilinib gorizontga nisbatan optimal burchagi tanlanadi. Bu esa o‘z navbatida FEB ning qisqa tutashuv tokining maksimal qiymatidan aniqlanadi, yoki hududning geografik kengligidan kelib chiqib 6-laboratoriya ishining nazariy qismidagi (8) ifodadan foydalanish mumkin.

1. Har 10 daqiqa vaqt intervali bilan atrof muhit harorati t_a ($^\circ\text{C}$), quyosh radiatsiyasi E (Vt/m^2), shamol tezligi v (m/s), kristall kremniy asosidagi FEB ning salt yurish kuchlanishi $U_{o.c}$ (V), qisqa tutashuv toki $I_{s.c}$ (A), mos ravishda FEB orqa tomonidagi ixtiyoriy 3 ta nuqtasi (T_1, T_2, T_3) harorati o‘lchanadi. Olingan natijalar: 1-jadvalga kiritiladi.

9.1-jadval

Kristall kremniyli FEB ning gorizont bilan hosil qilgan qiya burchagi - _____ grad.									
	Vaqt inter- vali (min)	t_a ($^{\circ}\text{C}$)	E (Vt/m^2)	v (m/s),	$U_{o.c}$ (V),	$I_{s.c}$ (A),	T_1 ($^{\circ}\text{C}$)	T_2 ($^{\circ}\text{C}$)	T_3 ($^{\circ}\text{C}$)
1	0								
2	10								
3	20								
4	30								
5	40								
6	50								
7	60								
8	70								
9	80								

2. FEB salt yurish kuchlanishining uning harorati o'rtacha qiymatiga $U_{xx} = f(T)$ bog'liqlik grafigi quriladi. Salt yurish kuchlanishi bo'yicha harorat o'zgarishini hisobga harorat koeffitsienti aniqlanadi ($-\text{mV}/^{\circ}\text{C}$).

3. FEB qisqa tutashuv toki kattaligining uning harorati o'rtacha qiymatiga $I_{k.z.} = f(T)$ bog'liqlik grafigi quriladi. Qisqa tutashuv toki bo'yicha harorat o'zgarishini hisobga harorat koeffitsienti aniqlanadi ($\text{mA}/^{\circ}\text{C}$).

4. FEB pik quvvati kattaligining uning harorati o'rtacha qiymatiga $R = f(T)$ bog'liqlik grafigi quriladi. Foydali ish koeffitsienti bo'yicha harorat o'zgarishini hisobga harorat koeffitsienti aniqlanadi ($-\text{Vt}/^{\circ}\text{C}$).

Hisobotlarni tayyorlash.

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Kristall kremniyli FEB harorat rejimlari haqida jahon adabiyotlari, ilmiy maqolalar bilan tanishish.
4. Tajriba natijalari bo'yicha 9.1-jadvalni to'ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Polikristal kremniy asosidagi FEB volt-amper xarakteristikasining haroratga bog'liqligi qanday?

2. Monokristall kremniy asosidagi FEB volt-amper xarakteristikasining haroratga bog‘liqligi qanday?
3. Kristall kremniyli FEB harorat ortishi bilan fototokning sezilarli ortishini qanday izohlash mumkin?
4. Kristall kremniyda harorat ortishi bilan taqiqlangan zona kengligining kamayishiga nima sabab bo‘ladi?

10-LABORATORIYA ISHI

QUYOSH FOTOELEKTRIK MODULINING HARORAT REJIMLARINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad

Atrof-muhit haroratini hisobga olib amorf kremniy asosidagi quyosh fotoelektrik batareyasining harorat rejimlarini aniqlash

Qisqacha nazariy malumot

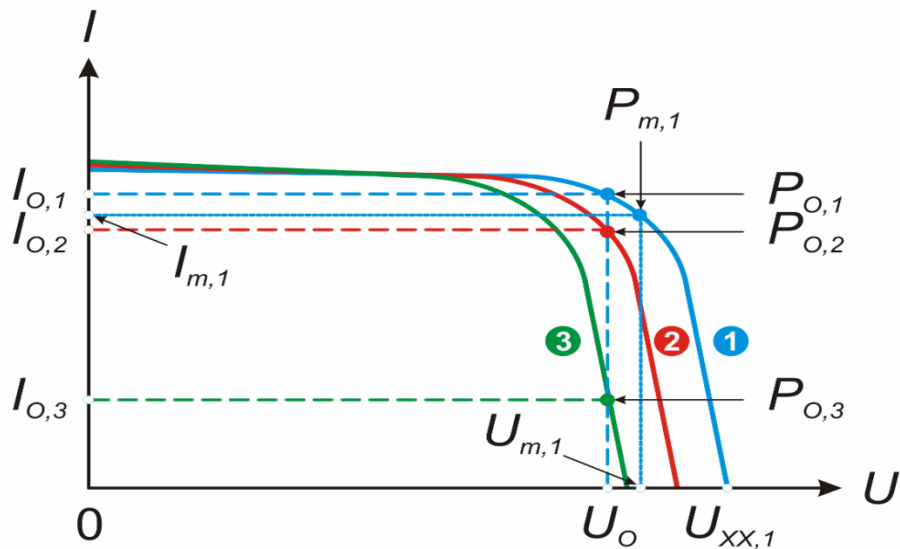
Markaziy Osiyo keskin kontinental iqlim sharoiti, xususan O‘zbekistonda yilning issiq mavsumlarida (may-sentyabr) atrof muhit haroratining yuqori ko‘rsatkichlari 45-50 °C FEB ning ekspluatatsiya vaqtidagi parametrlarini (salt yurish kuchlanishi, quvvat, FIK) kamayishiga olib keladi, bu o‘z navbatida FEB QE “o‘ta qizishi” bilan asoslanadi.

“O‘ta qizish” – standart test sinovi (STC) sharoitlarida FEB pasport ma’lumotlaridagi texnik ko‘rsatkichlarning mos emasligi. Salt yurish kuchlanishi kattaligining kamayishi bilan akkumulyatsiya tizimida AB zaryadlash jarayoni sezilarli kamayadi.

FEB pasport ma’lumotlarida kuchlanish va tok bo‘yicha harorat koeffitsientlari ko‘rsatib o‘tiladi, odatda ishchi harorat +10-+80 °C oralig‘i ko‘rsatiladi. Ammo issiq iqlim sharoitlarida harorat ko‘tarilishi natijasida FEB ning samaradorligi kamayib pasport ko‘rsatkichlari 50% dan kamayib ketadi. Shunday qilib O‘zbekistonning ayrim mintaqalarida 36 ta QE dan tayyorlangan FEB yilning yoz mavsumlarida parametrlari pasayganligi sababli samarali ishlay olmaydi.

Har xil atrof muhit haroratlarida FEB joylashgan QE haroratlarini o‘lchash ishlari bo‘yicha tadqiqotlar olib borilgan. Masalan, Toshkent shahrida iyul-avgust oylarida (soyadagi atrof muhit harorati 45-48 °C) bo‘lganda, shamol tezligi 1-3 m/s da FEB harorati 72 °C dan oshgan. Bu

esa real sharoitda FEB salt yurish kuchlanishining 21,5 V (pasport ko'rsatkichi) dan 16,4-16,5 V ga kamayganligi aniqlangan (1-rasm).



10.1-rasm. Har xil haroratlarda kremniyli QE asosidagi FEB ning yuklanmadagi volt-amper xarakteristikasi

1-atrof muhit harorati 15 °C da (elementning orqa tomonidagi harorat 37 °C); 2- 30 °C (54 °C); 3- 45 °C (71 °C).

Bu tadqiqotlar asosida FEB ning yangi konstruktsiyasi ishlab chiqildi. Respublika hududlari uchun FEB tayyorlashda ularning iqlim sharoitlari (meteofaktorlarni nazarda tutib) hisobga olindi. Janubiy hududlar uchun (Qashqadaryo, Surxondaryo viloyatlari) FEB konstruktsiyasida QE soni 42 taga, qolgan hududlar uchun 40 ga yetkazildi. Shu sababli 40 yoki undan ko'p QE dan tashkil topgan standart bo'lmagan FEB (NOST) talablarini to'liq qanoatlantiradi.

Standart sharoitdan farqlanuvchi QE yoki FEB elektrik parametrlarini haroratga bog'liqligi QE materialiga bog'liq holda empirik munosabatlardan aniqlanadi. Monokristall kremniyli QE asosiy parametrlarining haroratga bog'liqligini qo'yidagi ko'rinishga ega:

$$\left. \begin{aligned} U_{xx}(t) &= U_{xx}(25^{\circ}C) [1 - a(t - 25^{\circ}C)] \\ I_{\hat{e},\zeta}(t) &= I_{\hat{e},\zeta}(25^{\circ}C) [1 + b(t - 25^{\circ}C)] \\ P_{max}(t) &= P_{max}(25^{\circ}C) [1 - c(t - 25^{\circ}C)] \end{aligned} \right\} \quad (10.1)$$

bu yerda $a = (3,7 \cdot 10^{-3}) \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $b = (6,4 \cdot 10^{-4}) \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $s = (4 \cdot 10^{-3}) \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

SPP1.1 turli FEB (Germaniya) ishchi energetik xarakteristikalariga harorat ta'sirini baholash bo'yicha 10.1-jadvalda ma'lumotlar keltirilgan.

10.1-jadval

Energetik parametr	Harorat, t $^{\circ}\text{C}$		
	0	+25	+60
Salt yurish kuchlanishi $U_{s,yu}$, V	22,4	20,5	17,8
Qisqa tutashuv toki $I_{q,t}$, A	2,93	2,98	3,05
FEB maksimal quvvat nuqtasidagi tok, A	2,71	2,76	2,83
FEB maksimal quvvati, Vt	50,8	45	37,8

Ayrim adabiyotlarda haroratga bog'liq ravishda QE FIK ni aniqlash uchun tenglamalar keltiriladi. QE FIK haroratga bog'liqligi chiziqli xarakterga ega bo'lib quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\eta = \eta_0 + \alpha_T (t - t_0); \quad (10.2)$$

Bu yerda t – QE ekspluatatsiya vaqtidagi harorati, $^{\circ}\text{C}$; α_T - QE konstruktsiyasi, turiga bog'liq holda FIK harorat koeffitsienti, $(^{\circ}\text{C})^{-1}$; η_0 – STC sharoitida QE FIK.

YUqorida qayd etilgan ma'lumotlar asosida fotoelektrik stansiyalar loyihalashtirilganda hisob ishlarida albatta hisobga olish zarur.

Ishni bajarish tartibi: Dastlab amorf kremniyli FEB tajriba ishini amalga oshirish uchun tabiiy ochiq havoga olib chiqiladi. So'ngra FEB janub

tomonga orientatsiya qilinib gorizontga nisbatan optimal burchagi tanlanadi.

1. Har 10 daqiqa vaqt intervali bilan atrof muhit harorati t_a ($^{\circ}\text{C}$), quyosh radiatsiyasi E (Vt/m^2), shamol tezligi v (m/s), amorf kremniy asosidagi FEB ning salt yurish kuchlanishi $U_{o.c}$ (V), qisqa tutashuv toki $I_{s.c}$ (A), mos ravishda FEB orqa tomonidagi ixtiyoriy 3 ta nuqtasi (T_1, T_2, T_3) harorati o'lanadi. Olingan natijalar 10.2-jadvalga kiritiladi.

10.2-jadval

Amorf kremniyli FEB ning gorizont bilan hosil qilgan qiya burchagi - grad.									
	Vaqt intervali (min)	t_a ($^{\circ}\text{C}$)	E (Vt/m^2)	v (m/s),	$U_{o.c}$ (V),	$I_{s.c}$ (A),	T_1 ($^{\circ}\text{C}$)	T_2 ($^{\circ}\text{C}$)	T_3 ($^{\circ}\text{C}$)
1	0								
2	10								
3	20								
4	30								
5	40								
6	50								
7	60								
8	70								
9	80								

2. Amorf kremniyli FEB salt yurish kuchlanishining uning harorati o'rtacha qiymatiga $U_{xx} = f(T)$ bog'liqlik grafigi quriladi. Salt yurish kuchlanishi bo'yicha harorat o'zgarishini hisobga harorat koeffitsienti aniqlanadi ($-\text{mV}/^{\circ}\text{C}$).

3. Amorf kremniyli FEB qisqa tutashuv toki kattaligining uning harorati o'rtacha qiymatiga $I_{k.z} = f(T)$ bog'liqlik grafigi quriladi. Qisqa tutashuv toki bo'yicha harorat o'zgarishini hisobga harorat koeffitsienti aniqlanadi ($\text{mkA}/^{\circ}\text{C}$).

4. Amorf kremniyli FEB pik quvvati kattaligining uning harorati o'rtacha qiymatiga $R = f(T)$ bog'liqlik grafigi quriladi. Foydali ish koeffitsienti bo'yicha harorat o'zgarishini hisobga harorat koeffitsienti aniqlanadi ($-\text{Vt}/^{\circ}\text{C}$).

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rib chiqish.

2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Amorf kremniyli FEB harorat rejimlari haqida jahon adabiyotlari, ilmiy maqolalar bilan tanishish.
4. Tajriba natijalari bo'yicha 10.2-jadvalni to'ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Amorf kremniyning tayyorlash jarayoni qanday amalga oshiriladi?
2. Amorf kremniy parametrlarining haroratga bog'liqligi haqida nimalarni bilasiz?
3. Amorf kremniy asosidagi FEB volt-amper xarakteristikasining haroratga bog'liqligini qanday izohlaysiz?

11-LABORATORIYA ISHI

QUYOSH BATAREYALARINI KETMA-KET ULASH

Ishdan maqsad

1. Quyosh batareyalarini ketma-ket ulashni tajribada o'rganish
2. Olingan laboratoriya natijalari ustida fikr yuritish va ketma-ket ulash

Qisqacha nazariy malumot

O'zbekistonning shimolida quyosh energiyasining doimiyligi yiliga 2800 soatni tashkil etadi. Janubiy mintaqalarimizda bu miqdor ortib borib (Qashkadaryo va Surxondaryo viloyatlarida) yiliga 3050 soatdan iborat bo'ladi.

Markaziy Osiyo, xususan O'zbekiston quyoshli mintaka hisoblanib, bu energiyadan kerakli maqsadda foydalanish davr taqozosi hisoblanadi. Quyosh fotoelektrik qurilmalari ko'p darajali murakkab texnik sistema bo'lib, quyosh nurlanishini elektr energiyasiga aylantirish uchun ishlab chikilgan. O'zbekiston hududining o'ziga xos ko'rinishdagi yuzalarida quyosh radiatsiyasi oqimining yukori darajasi ($830-850 \text{ Vt/m}^2$) da tadqiqotlar olib borilganda butun yil davomida fotoelektrik qurilmalarni to'liq ishlatish imkonini beradi. Fotoelektrik qurilmalar quyosh fotoelektrik batareyalari va bo'tlovchi qurilmalardan tashkil topgan.

Quyosh fotoelektrik batareyalari ketma-ket yoki parallel ulangan quyosh elementlaridan (fotoelektrik plastinalar) tashkil topgan. Ketma –

ket ulash natijasida fotoelektrik plastina (yacheyka) tezda birlashadi va asosan chiqish kuchlanishi sezilarli darajada oshadi. Tok kuchi esa butun zanjir bo‘ylab bir xil bo‘ladi (11.1-rasm).

$$U_{um.} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + \dots + U_n$$

$$I_{um.} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_n$$

Quyosh fotoelektrik batareyasining pik quvvati quyidagi ifodadan topiladi.

$$P_{pik} = U_{um.} * I_{um.}$$

Quyosh elementlarini (QE) ketma-ket yig‘ishda barcha elementlar zanjir shaklida boradi va yig‘ilgan qo‘shni elementlar qarama-qarshi ishorada boradi (11.2-rasm).



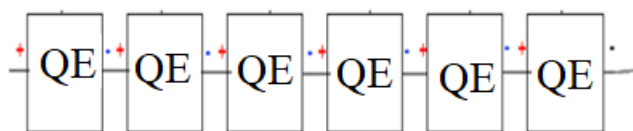
11.1-Rasm. Quyosh elementlarini ketma-ket va parallel ulash uchun tajriba stendi

Ularni bittalab yig‘ishda bir qancha nuqsonlari mavjud:

1. Yoritilganlik, quyosh nurlanishi oqim zichligi qiymati kichik bo‘lganda kuchlanish va tok kuchi o‘zgaruvchan kichik qiymatga ega bo‘ladi.

2. Qaysi bir elementning tok kuchi yoki quvvati sezilarli kichik bo‘lsa butun tizimda quvvat past bo‘ladi.

Dastlab tajriba stendi quyosh nurlari bilan yoki sun‘iy quyosh imitatorida yoritiladi. Bitta quyosh elementi tanlab olinib uning parametrlari (salt yurish kuchlanishi $U_{c.yu.}$, qisqa tutashuv toki $I_{q.t.}$, pik quvvati $R_{pik.}$) va yoritilganlik quyosh nurlanishi oqim zichligi aniqlanadi.



11.2-rasm. Quyosh elementlarini ketma-ket ulash

Masalan: 22V salt yurish kuchlanish olish uchun har bittasining chiqish quvvati 0,58 V yoki 0,6 V quyosh elementlaridan 36 ta donasi etarli bo‘ladi. Agar bitta plastinadagi tok kuchi maksimal qiymatga ega bo‘lsa, butun zanjirdagi tok kuchiga ekvivalent bo‘ladi yoki plastinalarda kombinatsiya bo‘lib aylanadi. Quyosh elementlarini (QE) ketma-ket yig‘ishda barcha elementlar zanjir shaklida boradi va yig‘ilgan qo‘shni elementlar qarama-qarshi ishorada boradi (11.2-rasm).

Bunda ketma-ket yoki parallel ulanganda ideal holatdagi bitta plastinadagi maksimal quvvat, har bir plastinalarga ekvivalent bo‘lib o‘tadi, plastinalar miqdori qancha bo‘lishidan qat’iy nazar barchasini maksimal o‘ziga teng quvvat bilan taminlaydi. Boshqacha aytganda, barcha o‘zaro payvandlab ulangan joylardan I_{mak} va U_{chiq} ekvivalentning o‘tishi tufayli (P_{mak}) maksimal quvvat hosil bo‘ladi. Haqiqatdan ham, shunday ko‘rinishda quyosh batareyalaridan quvvat olinadi, moduldagi quvvat miqdori yo‘qotilganda quvvat summasi ham kamroq bo‘ladi. Bir xil tipdagi modullarni boshqa turdagi modullar bilan xarakterlaymiz. Shuning uchun quyosh batareyalarida modullarni sinchiklab tanlash muhim, negaki parametrlari past modul quvvat yo‘qolishini kamaytirishga olib keladi.

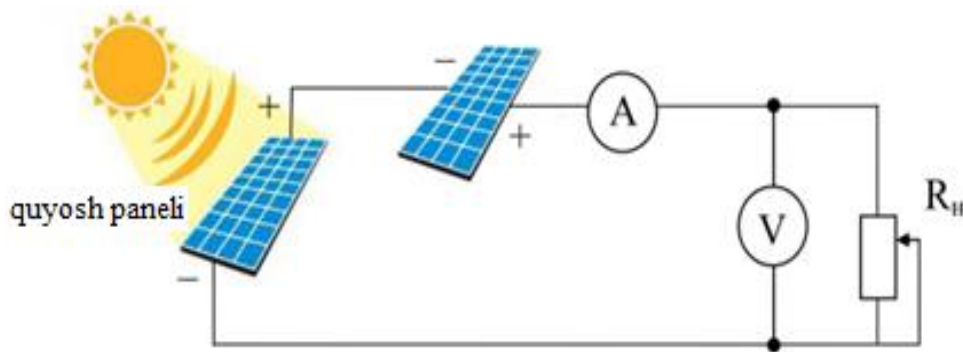
Ishni bajarish tartibi

1-bosqich. Quyosh elementlarini yig‘ish usullarini o‘rganish
Quyosh elementlari va modullarini yig‘ish usullarini o‘rganishda qo‘shimcha adabiyotlardan va qisqacha berilgan malumotdan foydalanish. Ularning qo‘llanilish sohasini, kamchiligi va mutanosiblik jihatlarini o‘rganish.

2-bosqich. Quyosh elementlarini va modullarini ketma-ket yig‘ishni tajribada ko‘rish

11.1-jadval

№	Lampa-ning yoritilganligi (lyuks)	E (Vt/m ²)	I _{s.c} (A)	U _{o.c.} (V)	QEketma-ket ulanganda formulani yozing	U _{um.} (V)	I _{um.} (A)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							



11.3-rasm. Ketma-ket ulangan quyosh fotoelektrik batareyalarning yig‘ish sxemasi

Berilgan ma'lumotlar (I;U;P) bo‘yicha ketma-ket ulangan modulning volt-amper, volt-vatt xarakteristikasini qurish. Olingan natijalardan foydalanib jadvalni to‘ldirish.

I, A						
U, B						
P, BT						

Nazorat savollari

1. Quyosh nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi) va uning energiyasidan yer sharida qanday foydalaniladi?
2. Quyosh batareyasining ishlash jarayoni qanday?

3. Quyosh batareyalarini yig'ishda ketma-ket ulashning tartiblari qanday?

4. Yig'ilgan sxemalar yana qanday boshqa maqsadlarda qo'llaniladi?

5. Quyosh elementlarini ketma-ket ulashning yutuqlari va kamchiligi nimada?

6. Quyosh batareyalarini ketma-ket ulashning yutuqlari va kamchiligi nimada

12-LABAROTORIYA ISHI

QUYOSH BATAREYALARINI PARALLEL ULASH

Ishdan maqsad

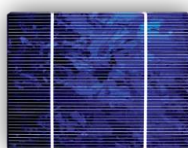
1. Quyosh batareyalarini parallel ulashni tajribada o'rganish
2. Olingan laboratoriya natijalari ustida fikr yuritish va ulash usullarini taqqoslash orqali tahlil qilish

Qisqacha nazariy malumot

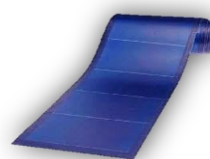
Quyosh elementlari (angl. **Solar cell**)- quyosh optik nurlanishini to'g'ridan to'g'ri elektr energiyasiga o'zgartiruvchi yarimo'tkazgichli materiallar hisoblanadi. Quyosh elementlari doiraviy, psevdokvadrat, kvadrat yoki to'g'ri to'rtburchakli shaklda bo'ladi. Psevdokvadrat quyosh elementining standart o'lchamlari: $100 \times 100 \text{ mm}^2$, $125 \times 125 \text{ mm}^2$, $156 \times 156 \text{ mm}^2$, $210 \times 210 \text{ mm}^2$ bo'ladi. Dunyoda ishlab chiqarilayotgan quyosh batareyalarining 92% dan ortig'i kremniy asosidagi yarimo'tkazgich materiallardan tayyorlanadi. Kremniy quyosh elementi strukturaviy tarkibiga ko'ra kristall va amorf kremniylarga bo'linadi. Kristall kremniy o'z navbatida mono va polikristall kremniylarga bo'linadi.



m-Si Cell



p-Si Cell



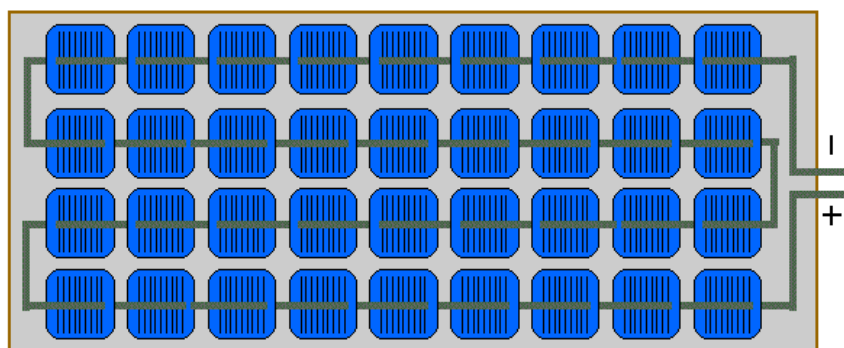
a-Si Cell

12.1-rasm. Kremniy quyosh elementining turlari

m-Si Cell –monokristall kremniy; p-Si Cell-polikristall kremniy;

a-Si Cell-amorf kremniy

Quyosh fotoelektrik batareyalari ketma-ket yoki parallel ulangan QE dan tashkil topadi. Standart holda individual foydalanish uchun mo'ljallangan quyosh batareyalarini 36 ta ketma-ket yoki 72 ta aralash holda ulangan QE hosil qiladi.



12.2-rasm. Standart 36 ta QE dan tashkil topgan quyosh batareyasi

Parallel va ketma – ket ulash natijasida fotoelektrik plastina (yacheyka) tezda birlashadi va chiqish quvvati sezilarli darajada oshadi (2-rasm). Agar bir qancha fotoelement (yoki bir qancha quyosh elementlari parallel) ulansa ularda chiqish kuchlanishi o'zgarmaydi, aksincha tok kuchi ortadi. Yaxlit panelda quyosh batareyasining quvvati 400 Vt gacha bo'lishi mumkin.

$$U_{um.} = U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U_5 = \dots = U_n$$

$$I_{um.} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + \dots + I_n$$

Quyosh fotoelektrik batareyasining pik quvvati quyidagi ifodadan topiladi.

$$P_{pik} = U_{um.} * I_{um.}$$

Quyosh elementi va quyosh batareyasining foydali ish koeffitsientini (F.I.K.) aniqlash uchun tushayotgan optik nurlanish energiyasining miqdorini va element yoki batareya ishlab chiqargan elektr energiyasining miqdorini bilish zarur. F.I.K.ni aniqlash uchun quyida keltirilgan masalalarni yechish kerak bo'ladi.

1. Quyosh nurlanishi atmosfera holatiga va uning vaqt davomida tez o'zgarishiga olib kelganligi uchun, uning spektral tarkibini va quvvatini aniq o'lchash kerak .

2. Birinchi punktni hisobga olgan holda aniq quyosh xarakteristikasini qaytara oladigan imitatorlar (quyoshdan tarqalayotgan optik nurlariga o'xshash nurlar paydo qila oladigan qurilmalar) yasash ilmiy texnik muammo bo'lib, haligacha to'liq echilmagan.

3. Imitatorlarda taqqoslash uchun ishlatiladigan parametrlari vaqt davomida stabil o'zgarmaydigan kerakli spektral sezgirlikka va diapazonga ega bo'lgan QE ishlab chiqish uchun materialning optik va elektrofizik xususiyatlarini hisobga olgan holda tanlash lozim.

4. Quyosh elementlari va batareyalarining elektrik parametrlarini o'lchash davomida o'lchov asboblarning ketma-ketlik qarshiligining ta'sirini hisobga olish zarur.

QE yoki quyosh batareyasining ishlab chiqarayotgan nominal quvvati $P_n = U_n \cdot I_n$ hisoblash mumkin, F.I.K.ni $\eta = I_n \cdot U_n \cdot 100\% / E_{tush}$. S formuladan aniqlash mumkin (S-QE yuzasi, sm^2 larda olinadi).



12.3-rasm. Quyosh elementlarini parallel ulash uchun tajriba stendi

Dastlab tajriba stendi quyosh nurlari bilan yoki sun'iy quyosh imitatorida yoritiladi. Bitta quyosh elementi tanlab olinib uning parametrlari (salt yurish kuchlanishi $U_{c.yu}$, qisqa tutashuv toki $I_{q.t}$, pik quvvati R_{pik}), yoritilganlik – lyuksmetr yordamida aniqlanadi. Tajriba tabiiy ochiq havoda olib borilsa quyosh nurlanishi oqim zichligini aktinometr yoki etalon quyosh elementlari yordamida aniqlash mumkin. Masalan: 22 V salt yurish kuchlanishi va 8 A qisqa tutashuv tokiga ega quyosh batareyalaridan 4 tasi parallel ulansa, 22 V kuchlanish o'zgarishsiz qoladi, tok kuchi esa 32 A ni tashkil etadi. Fotoelektrik qurilmaning bo'tlovchi jihozlari sifatida 40A, 24 V parametrlarga ega zaryad-razryad

kontrolleri, 12 V, 200 Asoat elektr sig'imga ega akkumulyator tanlanadi. Agar bir qancha fotoelement parallel ulansa butun yig'ilgan zanjirda chiqish tok kuchi kattalashadi. Agar bitta plastinadagi tok kuchi maksimal qiymatga ega bo'lsa, butun zanjirdagi tok kuchiga ekvivalent buladi yoki plastinalarda kombinatsiya bo'lib aylanadi. Haqiqatdan ham, shunday ko'rinishda quyosh batareyalaridan quvvat olinadi, moduldagi quvvat miqdori yo'qotilganda quvvat summasi ham kamroq bo'ladi. Bir xil tipdagi modullarni boshqa turdagi modullar bilan xarakterlaymiz. Shuning uchun quyosh batareyalarida modullarni sinchiklab tanlash muhim, negaki parametrlari past modul quvvat yo'qolishini kamaytirishga olib keladi. Parallel yig'ishda barcha elementlar parallel yig'iladi, bir xil tipdagi yo'l hosil qiladi.



12.4-rasm. Quyosh elementlarini parallel yig'ish Ishni bajarish tartibi

1-bosqich. Quyosh elementlarini yig'ish usullarini o'rganish
Quyosh elementlari va modullarini yig'ish usullarini o'rganishda qo'shimcha adabiyotlardan va qisqacha berilgan ma'lumotdan foydalanish lozim. Ularning qo'llanilish sohasini, kamchiligi va mutanosiblik jihatlari o'rganish.

2-bosqich. Quyosh elementlarini va modullarini parallel yig'ishni tajribada ko'rish.

3-bosqich. Berilgan ma'lumotlar (I;U;P) bo'yicha parallel ulangan modulning volt-amper, volt-vatt xarakteristikasini qurish. Olingan natijalardan foydalanib jadvalni to'ldirish kerak.

12.1-jadval

№	Lampa -ning yoritil ganligi (lyuks)	E (Vt/m ²)	I _{s.c} (A)	U _{o.c} (V)	QE parallel ulanganda formulani yozing	I _{um.} (A)	U _{um.} (V)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

4-bosqich. Ulash usullarini analiz usulda qiyoslash va bajarilgan laboratoriya ishi bo'yicha xulosa qilish. Parallel ulangan QE larini kordinatalar sistemasida grafigini qurish va qurilgan grafik bo'yicha xulosa qilish.

I, A							
U, B							
P, B _T							

Hisobotlarni tayyorlash

Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan hisobotlarni ko'rib chiqish.

1. Ishning nomi va uning maqsadi.
2. 72 ta QE tashkil topgan quyosh batareyasining sxemasini chizing.
3. Parallel va ketma-ket ulangan quyosh modullarining VAX, VVX.
4. Xulosa.

Nazorat savollari

1. Quyosh nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi) va uning energiyasidan kosmosda qanday foydalaniladi?
2. Quyosh elementining ish jarayoni qanday?
3. Quyosh batareyalarini yig'ishda parallel ulashning tartiblari qanday?
4. Yig'ilgan sxemalar yana qanday boshqa maqsadlarda qo'llaniladi?

5. Quyosh elementlarini parallel ulashning yutuqlari va kamchiligini ayting ?

13-LABARATORIYA ISHI

AVTONOM FOTOELEKTRIK QURILMANING ISH JARAYONINI O‘RGANISH

Ishdan maqsad

1. Avtonom quyosh fotoelektrik qurilmasida akkumulyatsiya tizimining zaryadlanish jarayonlarini o‘rganish.
2. Avtonom quyosh fotoelektrik qurilmasida akkumulyatsiya tizimining razryadlanish jarayonlarini o‘rganish.

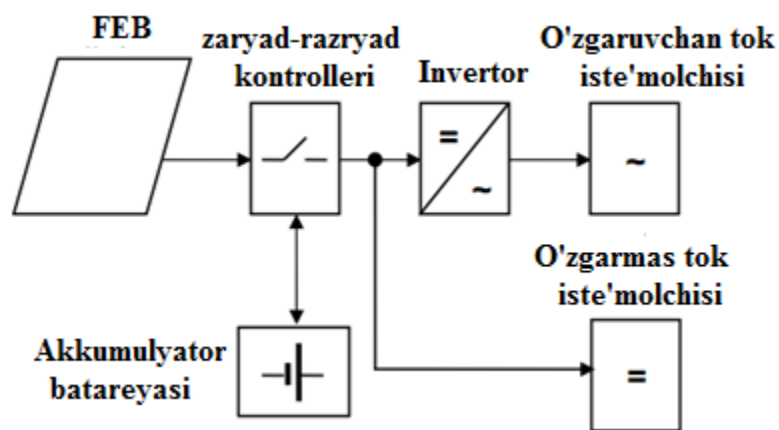
Qisqacha nazariy ma’lumot

Yer sharoitida qo‘llaniladigan quyosh fotoelektrik stansiyalarini ularning qo‘llanilishiga muvofiq holda quyidagi sinflarga ajratish mumkin. Bu tizimlar asosan 3 ga bo‘linadi:

- 1) avtonom quyosh fotoelektrik stansiyalari (AFES);
- 2) rezerv quyosh fotoelektrik stansiyalari (AFES);
- 3) elektr tarmog‘i bilan parallel ulangan quyosh fotoelektrik stansiyalari.

Lokal elektr tarmog‘i bilan integrallashgan fotoelektrik stansiyalar o‘z navbatida akkumulyatsiya tizimiga ega va akkumulyatsiya tizimi bo‘lmagan FES larga bo‘linadi. Rezerv akkumulyatorlar bilan ta‘minlangan “tarmoq” FES lar elektr energiyasi uzulishlari, avariya holatlarida iste‘molchilarni elektr energiyasi bilan ta‘minlash funksiyasi orqali afzalliklarga egadir.

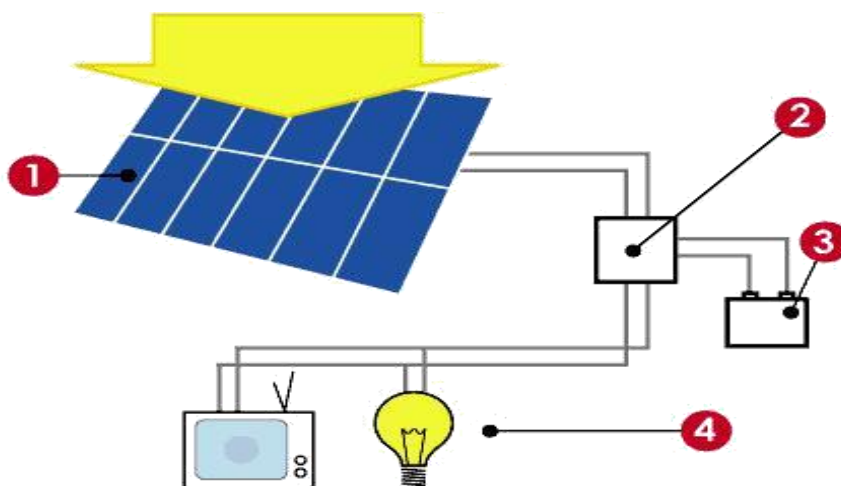
Elektr uzatish liniyalaridan uzoqda joylashgan elektr ta‘minoti uchun mo‘ljallangan quvvati 0,01...100 kVt bo‘lgan sodda AFES larning strukturaviy sxemasi 13.1-rasmda keltirilgan.



13.1. rasm. AFES ning soddalashgan strukturaviy sxemasi

Quyosh panellari ishonchli elektr energiyasi manbasi bo'lishi uchun u tizimda qo'shimcha elementlar bilan ta'minlanishi zarur: kabellar, tizimning turiga (tarmoq bilan bog'langan FES, avtonom, rezerv) bog'liq ravishda struktura, elektron invertor, akkumulyator batareyalari to'plami va zaryad-razryad kontrolleri.

Avtonom fotoelektrik tizimlardan markazlashtirilgan elektr ta'minoti mavjud bo'lmagan joylarda foydalaniladi. Sutkaning tungi vaqtlarida energiya ta'minoti va quyosh yaxshi nur sochmagan vaqtlar uchun akkumulyator batareyasi (AB) zarur. Avtonom fotoelektrik tizimlar alohida uylarning elektr ta'minoti uchun tez-tez qo'llaniladi. Kichik tizimlar asosiy yuklamani ta'minlashi mumkin (yoritish manbai, ba'zan televizor yoki radio), o'ta quvvatli tizimlar suv nasosi, radiostansiya, muzlatgich, elektrojihozlar va boshqalar. Bunday tizim quyidagilardan tashkil topgan (13.2-rasm).

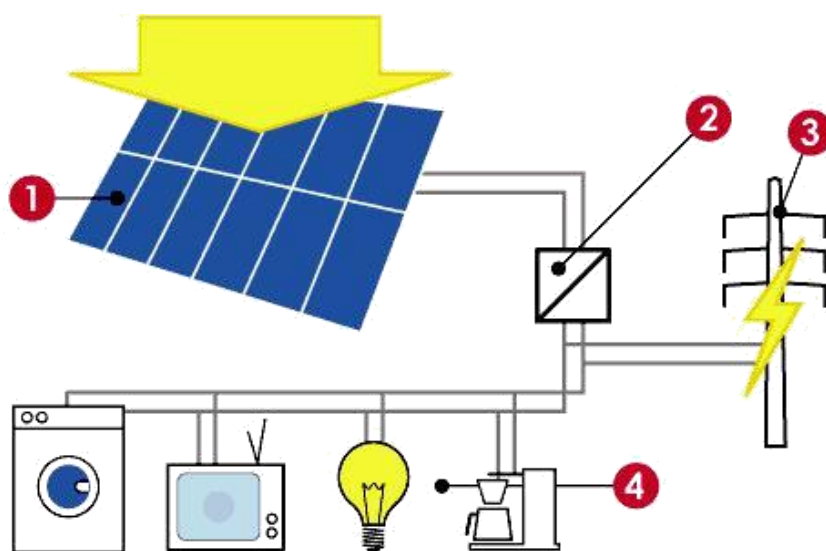


13.2 – rasm. Avtonom fotoelektrik tizim

1 – quyosh paneli; 2 – kontroller; 3 – AB; 4 – yuklama

Tarmoq bilan ulangan quyosh fotoelektrik tizimlari:

Markazlashtirilgan elektr ta'minot manbalari mavjud bo'lsa ham, gohida toza elektr energiya manбайдan foydalanishga hoxish bo'ladi, bunda quyosh panellari tarmoq bilan ulangan bo'ladi. Etarli miqdordagi quyosh panellari bir biri bilan ulanganda yuklamaning bir qismi uyda quyosh elektr energiyasidan ta'minlanishi mumkin. Tarmoq bilan ulangan fotoelektrik tizimlar odatda bir yoki bir nechta panellardan va invertor, kabellar, qullab quvvatlovchi tizim va elektrik yuklamadan iborat bo'ladi. (13.3-rasm).



13.3-Rasm. Tarmoq bilan bog'langan quyosh fotoelektrik tizim

1 – quyosh paneli; 2 – tarmoq invertori; 3 – lokal elektr tarmoq; 4 – yuklama

Invertor quyosh panellarini tarmoq bilan bog'lash uchun xizmat qiladi. Shuningdek AS-panellar ham mavjud bo'lib ularning orqa tomoniga invertor o'rnatilgan bo'ladi.

Ortiqcha elektr energiyasi elektr tarmog'iga uzatilishi mumkin. Agar quyosh elektr ta'minoti uchun maxsus kuchaytirilgan tariflar foydalanilsa unda 2 ta elektr hisoblagichi, biri generatsiya uchun, keyingisi iste'mol uchun o'rnatiladi.

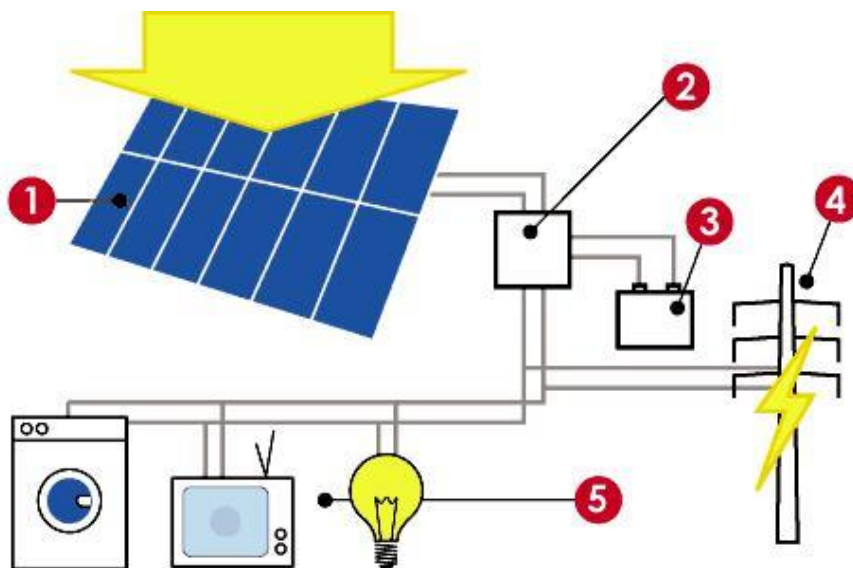
Bunda quyosh panellari tomonidan ishlab chiqilgan elektr energiyasi tarmoqqa yuqori tarif bo'yicha sotiladi, uying elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyoji tarmoqdan odatiy narx bo'yicha olinadi. Shunday qilib nafaqat elektr energiyaga bo'lgan yil davomidagi nol chiqimlarni, balki yil ichida

nol iste'molni ham (yozda ortiqcha energiya tarmoqqa jo'natiladi, qish oyida esa kun bulut vaqtlarida uy asosan tarmoq orqali oziqlanadi.)

Rezerv tizimlar: Markazlashtirilgan elektr ta'minot tarmoq bilan bog'langan bo'lsada, lekin ishonchli bo'lmasa bunday holatlarda rezerv quyosh tizimlaridan foydalaniladi. Tarmoqda kuchlanish bo'lmagan vaqtlarda ham mavsumiy vaqtlarda elektr ta'minot uchun rezerv tizimlar qo'llaniladi. Kichik rezerv quyosh tizimlari aloqa vositalari, kompyuterlar (telefon, radio, faks va hakoza) elektr ta'minoti uchun foydalaniladi. Yirik quyosh rezerv tizimlari tarmoqda uzulishlar bo'lgan vaqtlarda muzlatgichlarni ham energiya bilan ta'minlash mumkin. Yuklanmani zaruriy oziqlantirish uchun, ayniqsa tez-tez tarmoqda uzulishlar bo'lgan vaqtda fotoelektrik tizim katta quvvatga ega bo'lishi zarur.

Agar tarmoq mavjud bo'lsa, tizim odatdagidek u bilan bog'langan holda ishlaydi.

Tizim quyosh paneli, kontroller, akkumulyator batareyasi, kabellar, invertor, yuklama va tayanch strukturadan iborat (13.4-rasm.).



13.4-rasm. Rezerv fotoelektrik tizimlar

1 – quyosh paneli; 2 – invertor; 3 – AB; 4 – elektr tarmoq;
5 – yuklama

Zaryad-razryad kontrollerlari: Avtonom fotoelektrik tizimlarda zaryad-razryad kontrollerlari ortiqcha energiya sarfi bo'lganda akkumulyator batareyasini (AB) chuqur razryaddan himoya qilish va AB to'liq zaryad holatida quyosh paneli elektr energiya generatsiya vaqtida

AB ni qaytadan zaryadlanish holatidan asraydi. (13.5-rasm). Zaryad-razryad kontrolleridan foydalanishda afzalliklaridan biri shuki, AB razryad holatida yuklamani darhol uzadi.



13.5-rasm. Zaryad-razryad kontrolleri

Odatda fotoelektrik tizimlar zaryad-razryad kontrollerlari bilan ta'minlanadi. Shuning uchun yuklama hech qachon to'g'ridan to'g'ri AB ga ulanmaydi, bunda AB ishdan chiqishi mumkin.

Keng – impulsli modulyatsiyali zaryad tokiga ega kontrollerlar: Oddiy kontrollerlar AB kuchlanish 14,4 V ga etganida energiya manbai (quyosh batareyasi) ni uzadi (AB nominal kuchlanish 12 V). AB da kuchlanish $\approx 12,5-13$ V ga kamayganida quyosh paneli qaytadan ulanadi va zaryad AB da tiklanadi. Shuning uchun AB maksimal razryadlanish darajasi 60–70% ni tashkil etadi. Muntazam ravishda to'liq zaryalanish bajarilmasa, AB ning yaroqlilik muddati kamayadi.

Zamonaviy kontrollerlar zaryadning tugash bosqichida keng impuls modulyatsiyali zaryad toki (KIMZT) deb nomlanadigan jarayondan foydalaniladi. Bunda AB zaryadi 100% gacha zaryadlanadi. 13.6-rasmda quyosh paneli yordamida AB zaryadlashning 4 ta bosqichi ko'rsatilgan.

1). Maksimal tok bilan zaryadlash. Bu bosqichda AB quyosh panelidan kelayotgan hamma tokdan foydalanadi.

2). KIMZT dan foydalanish. AB da kuchlanish aniq sathga chiqqanida kontroller doimiy kuchlanish bilan KIMZT hisobiga ta'minlay boshlaydi. Bu AB da gaz ajralib chiqishi va o'ta qizishni oldini oladi. AB zaryadlanish sathiga qarab tok kamayib boradi.

3). Tenglashish. Ko'pgina suyuq elektrolitga ega AB gaz hosil bo'lishigacha davriy zaryadlanish davomida ish jarayoni yaxshilanadi,

elektrolit aralashib plastinalar tozalanadi, AB har xil bankalarida kuchlanish tenglashadi.

4). Tayanch zaryad. AB to'liq zaryad holatida bo'lsa ham, zaryad kuchlanishi batareyada gaz ajralib chiqqanda yoki uning qizishi vaqtida kamayadi, bu vaqtda AB zaryad holatida ushlab turiladi.



13.6-rasm. Quyosh panelidan akkumulyatorni zaryadlashdagi bosqichlar

Maksimal quvvat nuqtasini kuzatishga mo'ljallangan kontrollerlar: Quyosh batareyalari ishlab chiqarayotgan energiya miqdorini oshirish kerak bo'lsa, qo'shimcha quyosh panellari qo'shmasdan ham oddiy kontrollerni maxsus «Maximum Power Point Tracker» (MPPT) deb nomlanadigan quyosh batareyasida maksimal quvvatni (TMM) kuzatishga mo'ljallangan kontroller bilan almashtirish kerak.

MRRT-kontroller quyosh batareyasidagi kuchlanish va tokni doimo kuzatib boradi, uning qiymatlarini ko'paytirib, quyosh batareyasi quvvati maksimal bo'lgandagi tok kuchlanish juftligini aniqlaydi. O'rnatilgan protsessor AB ning zaryad bosqichini kuzatadi (to'lishi, o'ta to'yinishi, tenglashish, tayanch) va shu asosida unga qanday miqdordagi tok berilishini aniqlaydi. Protsessor bir vaqtda tablodagi parametrlar indikatsiyasiga ham komanda beradi (ma'lumotlarni saqlash va boshq.)

Maksimal quvvat nuqtasi har xil usullar bilan ham hisoblanishi mumkin. TMM ni qidiruv usullari ham har xildir.

1) Odatda «Perturb and Observe» usulidan foydalaniladi. Ya'ni quyosh batareyasining volt-amper xarakteristikasini TMM bilan davriy ravishda to'liq skanerlash (2 soatda 1 marta) olib boriladi. Navbatdagi skanerlash jarayonigacha kontroller qidirishda davom etib, quyosh batareyasining

quvvat tebranishini hisoblaydi va agar unda quvvat katta bo'lsa yangi ishchi nuqtaga, yangi kuchlanishga siljitadi. Amaliy jihatdan hamma kontrollerlarda ushbu usul qo'llaniladi.

Uning kamchiligi shundan iboratki, doimo o'lchash ishlarini olib borish va bu vaqtda paneldan kelayotgan energiyaning uzilishi hisoblanadi. Har xil ishlab chiqaruvchilar quyosh batareyasi maksimal quvvat nuqtasini optimal kuzatish uchun quyoshdan kelayotgan optimal miqdordagi energiyaning chastota iteratsiyalari, to'liq skanerlash davriyligi va qidiruv chuqurligi parametrlarini tanlashadi.

2) Ikkinchi usul. – «Scan and Hold». Birinchi skanerlash jarayonidan so'ng topilgan nuqta darajasida kuchlanish aniqlanadi va navbatdagi to'liq skanerlash holatigacha ushlab turiladi. Bunday usul quyosh panelida soya va bulutlar paydo bo'lmaganda yaxshi hisoblanadi. Afzalliklari – ishning yuqori tezligi, o'lchash jarayonida generatsiya vaqtida uzilishlar bo'lmaydi.

3) Uchinchi usul – «Percentage of open circuit voltage». Salt yurish kuchlanishi va ($U_{xx} \cdot k$) darajasidagi ishchi nuqta o'lchanadi. Bu yerda k - 0 dan 1 gacha bo'lishi mumkin ($k=0.8$). Nuqta navbatdagi skanerlash jarayonigacha ushlab turiladi. Bunday usul panellarda soya tushishi va bulut bo'lmagan holatlar uchun yaxshidir. Afzalliklari – ishning yuqori tezligi, o'lchash vaqtida generatsiyada uzilishlar bo'lmaydi.

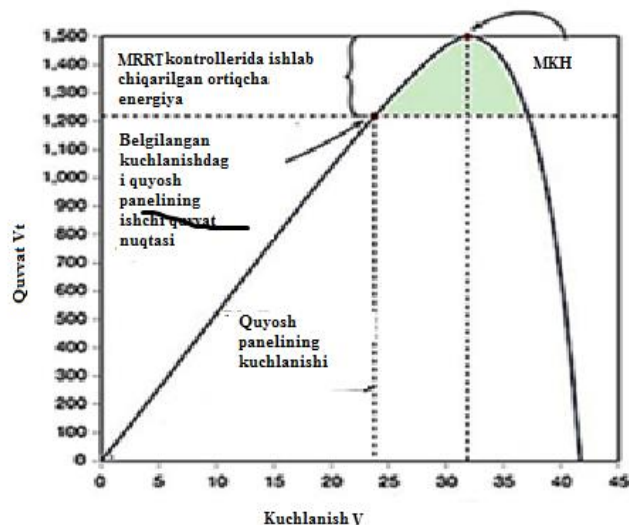
4) To'rtinchi usul – ishchi nuqtani qat'iy ravishda tanlash. Kontroller qo'llab turadigan istalgan kuchlanish belgilanadi. U hech qanday o'lchash va hisoblashlarni bajarmaydi, doimo ishlab turadi. Kamchiliklari – tanlangan kuchlanish haqiqiy TMM dagidan uzoq bo'lishi mumkin. Ammo, aniq ma'lum bo'lsa qanday kuchlanishda batareya maksimal quvvat ishlab chiqaradi va quyosh batareyasi amaliyotda doimo ochiq havoda ishlaganda ushbu usuldan foydalangan ma'qulroq.

Tizim ishga tushirilganda kontroller qo'llab turadigan kuchlanish beriladi, ya'ni u quyosh batareyasining aniq parametrlari bo'yicha hisoblanadi.

TMM ning holati panellarning yoritilganligiga, haroratiga, foydalanadigan panellarning har xilligiga va boshq. Bog'liqdir. Kontroller davriy ravishda o'tgan bosqichdagi nuqtadan "o'zgarishga" harakat qiladi, bunda quyosh panelining quvvati ko'tarilishi lozim, shunda u yangi nuqtadagi ishga o'tadi. Nazariy jihatdan olganda, TMM ni qidirish vaqtida bir oz energiya yuqotiladi, lekin bu energiya qo'shimcha ravishda MRRT-kontroller ta'minlagan energiya bilan taqqoslaganda juda ham kamdir. Qo'shimcha ravishda olingan energiyaning bu holatda aniqlash juda qiyindir.

Qo‘shimcha ravishda ishlab chiqarish jarayoniga ta‘sir qiluvchi omillar bo‘lib harorat va AB zaryadlanish darajasi sabab bo‘ladi.

Ishlab chiqarish jarayoniga eng ko‘p hissa asosan, panellarning past haroratlarda va razryadlangan AB sodir bo‘ladi (13.7- rasm).

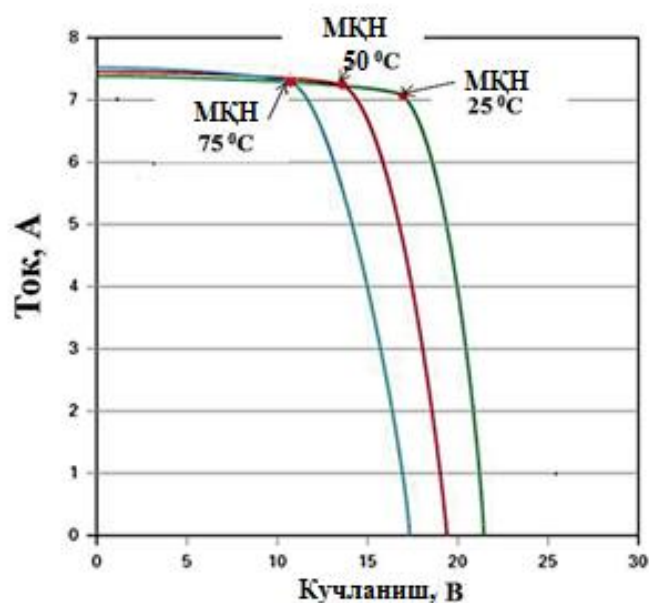


13.7-rasm. MRRT – kontrollerdan foydalanganda qo‘shimcha ravishda olingan energiya miqdori

Maksimal quvvat nuqtasida quyosh panelining kuchlanishi panelning har xil harorat kattaliklarida o‘zgaradi (13.8-rasm). Quyosh paneli qanchalik qizisa, kuchlanishi kamayib quyosh batareyasining ishlab chiqarish samaradordligi ham kam bo‘ladi. Qandaydir vaqtlarda maksimal quvvat nuqtasi (MQN) ning kattaligi AB dagi kuchlanishdan ham kichik bo‘lishi mumkin, bu holatlarda oddiy kontroller bilan taqqoslaganda hech qanday yutuq bo‘lmaydi. Bu quyosh batareyasiga qisman soya tushgan vaqtlarda yuz beradi. MRRT-kontrollerlarning joriy narxi ularni 200 Vt quvvatdan boshlab quyosh panellarda yoki nostandart kuchlanishlanishga ega panellarda qo‘llash imkonini beradi.

Invertorlar AB da doimiy tokni o‘zgaruvchan tokka o‘zgartirish yoki quyosh panellarda doimiy tokni markaziy elektr ta‘minoti tarmoqlaridagi analog tok kabi o‘zgartiradi.

Tarmoq bilan bog‘langan tizimlarda invertorlar (tarmoq invertorlari) quyosh panellardan energiyani qabul qilib ularni o‘zgaruvchan tokka aylantiradi, so‘ngra tarmoqqa ham uzatadi.



13.8-rasm. Panel haroratiga bog‘liq ravishda maksimal quvvat nuqtasida quyosh paneli kuchlanishi

Fotoelektrik tizimlar uchun invertorlar

Ko‘pchilik quyosh panellari doimiy tok ishlab chiqaradi. Integratsiyalashgan invertorlar bilan qo‘llaniladigan panellar ham bo‘lib ular mikroinvertorli AS panellar deb nomlanadi (13.9- rasm).



13.9-rasm. Quyosh panelining orqa tomonida mikroinvertor

Ularning afzalliklari shundaki, oson sozlash, bunday panellarni fotoelektrik tizimga oson qo'shish yo'li bilan masshtabini kengaytirish imkoniyatidir. Bunday invertorlar faqat tarmoq bilan bog'langan tizimlarda ishlatiladi.

Avtonom tizimlarda standart maishiy qurilmalarni 220 V o'zgaruvchan kuchlanish bilan ta'minlash uchun AB yoki quyosh panellaridagi tokni o'zgartirish lozim bo'ladi.

Shuningdek, rezerv tizimlarda ham ushbu muammo – AB dagi doimiy tokni o'zgartirish va odatiy jihozlarni ta'minlash. Ko'pgina invertorlar mavjud bo'lib ular quvvati va turlari bilan farqlanadi. Ulardan ba'zilar – yuqori samaradorlikka ega. Agar invertor ko'p hollarda yuklamasiz bo'lsa, kutish rejimida iste'mol qilinadigan kichik quvvatni berish kerak. Agar u ko'p hollarda yuklamani ta'minlaydigan bo'lsa, unda maksimal FIK ga ega invertor tanlash kerak bo'ladi.

Quyosh paneli doimiy tok ishlab chiqaradi, AB esa doimiy tok ko'rinishida energiyani saqlaydi, lekin ko'pchilik jihozlar 220 V yoki 380 V o'zgaruvchan tok kuchlanishini talab qiladi. Invertor domiy tokdagi kichik kuchlanishlar 12, 24, 32, 36, 48, 96, 120 V ni yuqori kuchlanish 220 V ga o'zgartirib beradi. O'zgartirish vaqtida energiyaning bir qismi yo'qoladi, ya'ni 5% dan – 20 % gacha, bu esa uning ish rejimi vaqtida sifatining darajasiga bog'liq bo'ladi.

Invertorlar har xil quvvatda bo'lib ularning turi qo'llash holatiga qarab tanlanadi. Kichik avtonom tizimlarda kamquvvatli invertorlar (100-1000Vt) televizor, radio, lampochkalar va boshqa jihozlarni ta'minlash uchun foydalaniladi. Bu invertorlarda kirish kuchlanishi 12 V yoki 24 V chiqish kuchlanishi esa 220 V bo'ladi. Katta quvvatli invertorlarda kirish kuchlanishi 24 V, 48 V yoki 96 V yoki yuqori bo'lishi mumkin.

Arzon iinvertorlar generaatsiya vaqtida energiyani bosqichli yoki to'g'ri to'rtburchakli shaklda yoki umumiy nom bilan kvazisinusoidal yoki modifikatsiyalashgan sinusoida signal shaklida o'zgartiradi. Kuchlanishning bunday shakli har doim ham hamma jihozlarga to'g'ri kelmaydi. Sof sinusoidal invertorlar tarmoqdagi kabi sifatli tok kabi istalgan yuklamani muammosiz ta'minlay oladi.

Zamonaviy invertorlar funksiyasi

- O'lchash. Invertor displeyida kuchlanish, tok, chastota va quvvat tasvirlanadi.
- Generatorni avtomatik qo'shish imkoniyati. Invertorda AB kuchlanishga bog'liq ravishda rezerv generatorni to'xtatish yoki avtomatik

qo‘shish uchun qo‘shimcha rele mavjud. Bu funksiya ko‘pchilik hollarda invertorga alohida blok ko‘rinishida biriktiriladi. Zamonaviy inverterlar tarmoqdan AB aniq vaqtda zaryadlay olish mumkin, generatorni qo‘shish kunduzi bajarilishi maqsadga muvofiq (shovqin tufayli).

- Tarmoq bilan parallel ishlay olishi. Tarmoq inverterlari to‘g‘ridan to‘g‘ri quyosh batareyasidan energiyani AB siz tarmoqqa o‘zgartirib yunaltiradi. Bu anchagina tizimning tannarxini kamaytiradi, ya’ni elektr energiyasini arzonlashtiradi.

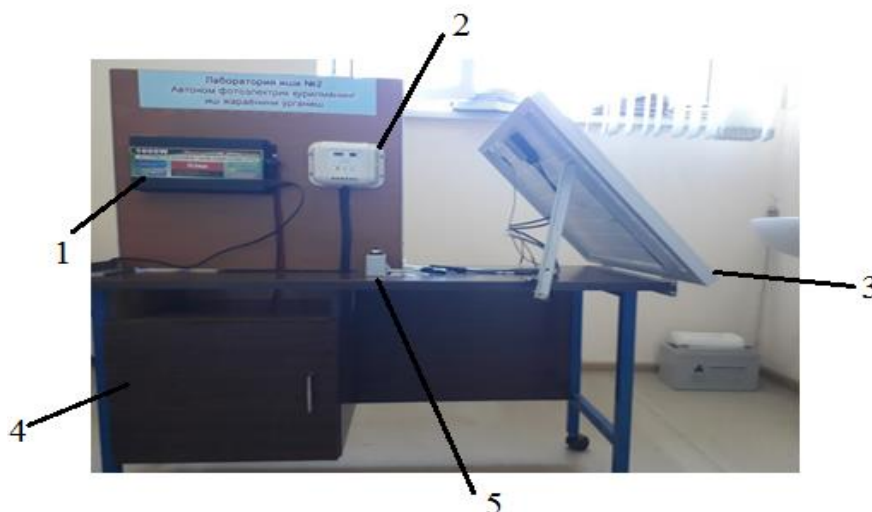
- O‘rnatilgan zaryad qurilmasi. Bunday inverterlar generatordan yoki tarmoqdan foydalanib AB ni zaryadlashi mumkin. Bir vaqda ular energiyani bevosita iste’molchilarga ham uzatishi mumkin.

- Parallel ulash. Ba’zi inverterlar quvvatni oshirish uchun parallel ulanishi ham mumkin.

Avtonom fotoelektrik qurilmaning AB qismining razryadlanish jarayonini o‘rganish

Ishni bajarish tartibi:

Dastlab laboratoriya sharoitida AFES (13.10-rasm) akkumulyasiya tizimining razryadlanish jarayonlarini ko‘rib chiqamiz. Buning uchun akkumulyator batareyasining (AB) texnik ko‘rsatkichlari bilan tanishib chiqamiz (13.1-jadval)



1-kuchlanish inverteri, 2-zaryad-razryad kontrolleri, 3-FEB, 4-AB, 5-uzib ulagich,

13.10- rasm. Avtonom quyosh fotoelektrik qurilmasi o‘rnatilgan laboratoriya stendi

13.1-jadval

№	AB turi	AB elektr sig'imi	AB nominal kuchlanishi	Razryad-zaryad sikllar soni	Og'irligi
1	gel	100 Asoat	12 V	-	36 kg

Bundan tashqari, AB to'liq zaryadlangan bo'lishiga ham e'tibor berish kerak. Bu quyidagicha aniqlanadi: AFES joylashgan laboratoriya stendidagi zaryad-razryad kontrollerida AB zaryadlanish-razryadlanish bosqichlarini foizlarda ko'rib aniqlash yoki AB kuchlanishini multimetrda foydalanib o'lchash mumkin. AB to'liq zaryadlanganlik holatiga ishonch hosil qilinganidan so'ng, 300 Vt quvvatdagi iste'molchi (yuklanma) invertorning chiqish qismiga ulanadi. Tajribada quyidagilarni hisobga olish lozim:

1. Yuklanmaga kuchlanish berilishidan oldin vaqt belgilab olinadi, AB kuchlanishining yuqori ko'rsatkichi o'lchanadi.

2. AB ga yon devorlariga termo-juftliklar joylashtirilib yoki sakkiz kanallik termometrdan foydalanib AB ning harorati va xona harorati o'lchanadi.

3. Tajribada har 10 daqiqada yuqoridagilar o'lchab turiladi va 13.2-jadval to'ldiriladi.

13.2-jadval

Avtonom fotoelektrik qurilmaning AB qismining razryadlanish jarayonini o'rganish							
	Vaqt interv -ali (min)	Xona harorati ($^{\circ}\text{C}$)	AB harorati-1 termojuft ($^{\circ}\text{C}$)	AB harorati-2 termojuft ($^{\circ}\text{C}$)	AB harorati-3 termojuft ($^{\circ}\text{C}$)	AB kuchlanishi (V)	Yuklanmaning quvvati (Vt)
1	0						
2	10						
3	20						
4	30						
5	40						
6	50						
7	60						
8	70						
9	80						

4. Tajriba AB sining razryadlanishining oxirgi bosqichiga qadar davom ettiriladi, ya'ni bunda kuchlanish invertori ogohlantirish signalini bera boshlaydi va avtomatik tarzda o'chib qoladi. AB razryadlanish bosqichida o'z energiyasining qancha qismini (foizlarda) iste'molchiga bera olishini aniqlash lozim.

Masalan, AB zaryadlanish yuqori ko'rsatkichi 14,2 V – 100% ga teng deb olsak, 11,5 V – x % da kuchlanish invertori o'z faoliyatini to'xtatsa, x ~ 81% ni tashkil etadi. Xulosa kelib chiqadiki, AB bufer qismidan 19% energiyasini iste'molga ajratadi.

5. Yuklamaning quvvatini bilgan holda iste'mol toki qo'yidagicha aniqlanadi:

$$I_{ist.} = \frac{P}{U} \quad (13.1)$$

6. Razryadlanish vaqti to'liq aniqlanganidan so'ng yuklanmaning energiya iste'moli va AB elektr energiya ta'minoti ishi hisoblanadi.

$$A = P_{yukl.} \cdot t \quad (\text{kVtch}) \quad (13.2)$$

Avtonom fotoelektrik qurilmaning AB qismini zaryadlash jarayonini o'rganish

Ishni bajarish tartibi: AFES ning zaryadlash jarayonini o'rganish uchun laboratoriya stendi tabiiy quyosh sharoitiga olib chiqiladi. Fotoelektrik modul janub tomonga qaratilib gorizontga nisbatan qiyalik burchagining optimal qiymati tanlanadi. Bu burchakning optimal qiymati fotoelektrik modulning qisqa tutashuv toki maksimal qiymatidan aniqlanadi.

1. Fotoelektrik batareya yuzasi chang bo'lsa tozalanadi. AB ning kuchlanishi, modulning salt yurish kuchlanishi laboratoriya ishi boshlanishidan oldin darhol voltmetr yoki multimetr yordamida o'lchab olinadi.

2. AB ga yon devorlariga termo-juftliklar joylashtirilib yoki sakkiz kanallik termometrdan foydalanib AB ning harorati, shuningdek atrof muhit harorati ham o'lchanadi.

3. Laboratoriya mashg'ulotida o'lchashlar har 10 daqiqada davom ettiriladi. Fotoelektrik batareya yuza tekisligida quyosh nurlanishi oqim zichligi ham aktinometr, pergeliometr yoki pironometr yordamida qayd qilinadi.

4. Fotoelektrik batareyaning qisqa tutashuv tokini o'lchashda multimetrda doimiy tok shkalasining maksimal qiymatiga e'tibor berish kerak. Modulning toki shkaladagidan tok qiymatidan yuqori bo'lsa o'lchamagan ma'qul, chunki qisqa tutashuv vaqtida multimetr o'zi yoki saqlagichlari ishdan chiqishi mumkin.

5. Fotoelektrik batareya qisqa tutashuv tokini o'lchashda o'zib ulagichni ajratish, ya'ni o'rtadagi holatga quyish lozim, aks holda ehtiyotsizlik oqibatida kontrollerni ishdan chiqarib qo'yish mumkin.

6. Fotoelektrik batareyaning parametrlariga tabiiy sirkulyatsiyaga ega havo oqimining ta'sirlari mavjud, shu sababli shamol tezligi ham fotoelektrik modul tekisligida o'lchab turiladi.

7. Kontrollerda AB zaryadlanish, razryadlanish bosqichlarini foizlarda ko'rsatuvchi displeyda 100% to'liq bo'lguncha tajriba davom etadi.

13.3-jadval

Avtonom fotoelektrik qurilmaning gorizont bilan hosil qilgan qiya burchagi - _____ grad.										
	Vaqt inter vali (min)	$t_a(^{\circ}C)$	$E (Vt/m^2)$	$v (m/s)$	FEB $U_{o.c} (V)$	FEB $I_{s.c} (A)$	AB ning kuchla nishi (V)	AB harorati -1 termoju ft ($^{\circ}C$)	AB harorati-2 termojuft ($^{\circ}C$)	AB haror ati-3 termo juft ($^{\circ}C$)
1	0									
2	10									
3	20									
4	30									
5	40									
6	50									
7	60									
8	70									
9	80									

8. AB ni a'naviy elektr tarmog'i orqali ham zaryadlash mumkin. Bu asosan kun bulutlilik, qor, yomg'ir, sovuq kunlarda laboratoriya sharoitida olib boriladi.

9. Olingan natijalar asosida qo'yidagi grafiklar quriladi: FEB qisqa tutashuv tokining quyosh radiatsiyasiga bog'liqligi; FEB salt yurish kuchlanishining vaqt intervaliga bog'liqligi; Atrof muhit harorati, quyosh radiatsiyasining vaqt intervaliga bog'liqligi.

10. FEB ning AB ga to'plagan elektr energiyasi ishi hisoblab topiladi.

$$A = P_{nom.} \cdot t_{o'rt.} \quad kVtsoat$$

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. AFES iste'molga ulanish holati sxemasini chizing va to'liq ish jarayonini tavsiflang.
4. Tajriba natijalari bo'yicha 13.2-13.3 jadvalni to'ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari:

1. Avtonom fotoelektrik qurilma haqida nimalarni bilasiz?
2. Zaryad-razryad kontrolleri nima?
3. Akkumulyatorlar haqida nimalarni bilasiz? AB ketma-ket va parallel ulash qanday amalga oshiriladi?
4. Kuchlanish invertori haqida nimalarni bilasiz? "Tarmoq" invertori haqida fikringizni bildiring?

14-LABARATORIYA ISHI

KOMBINATSIYALASHGAN FOTO-TERMoeLEKTRIK QURILMANING ISH JARAYONINI O'RGANISH

Ishdan maqsad

1. Reflektorsiz holatda kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmaning parametrlarini aniqlash.

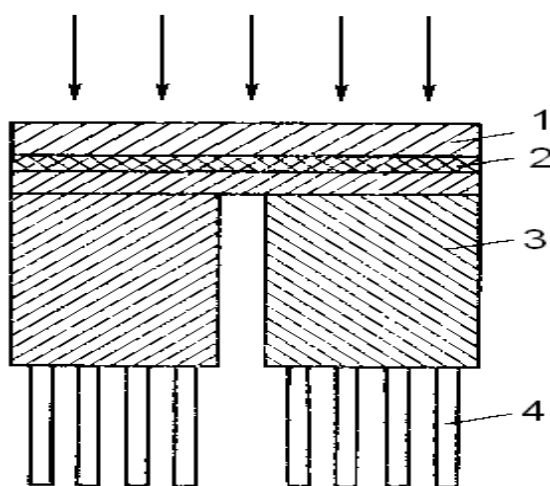
Qisqacha nazariy ma'lumot

Termoelektrik o'zgartirgichlarni (TO^o) quyosh elementlari bilan biriktirish g'oyasi Sominskiy M.S. va Maleevskiy YU.N. tomonidan taklif qilingan va rivojlantirilgan edi.

Bunda quyosh nurlari bevosita QE ga tushib TO^o issiq yuza tomonini 200—250° C gacha qizdiradi. Sovuq yuza tomonini sovutish radiatorlar tomonidan amalga oshiriladi.

Shunday qilib kombinatsiyalashgan tok generatori quyosh elementining berilgan yuzasida QE va TO‘ ga nisbatan ko‘proq elektr energiya ishlab chiqaradi.

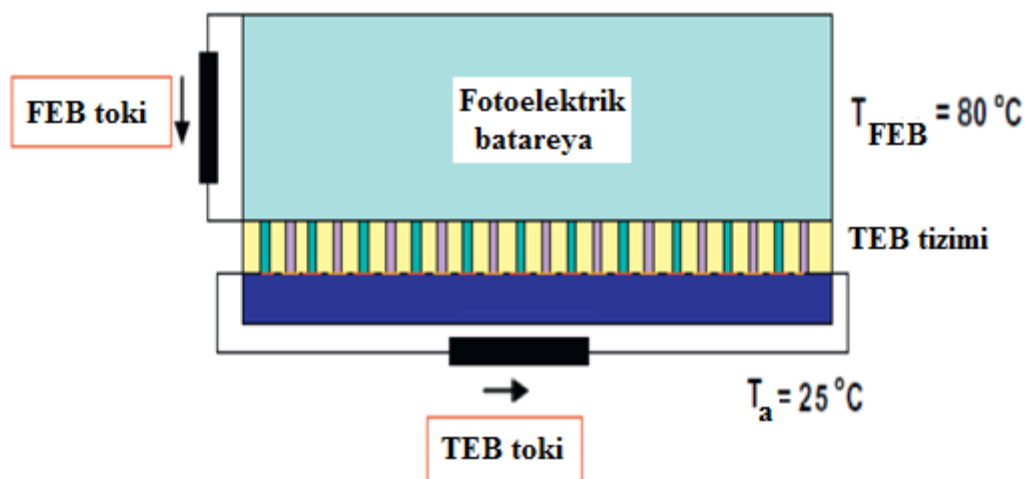
Malevskiy YU.N. va boshqalar tomonidan arsenid galliy asosidagi to‘rtta quyosh elementidan (yuzalari $10 \times 10 \text{ mm}^2$) tashkil topgan fotobatareya va BiTeSb asosidagi termoelektrik o‘zgartirgich, ya’ni kichik generator sinovdan o‘tkazildi. Quyosh energiyasidan foydalanib ishlashga mo‘ljallangan parabolik konsentrator diametri 950 mm ga ega. Quyosh elementida harorat 150°S da ushlab turildi, TO‘ ning issiq yuza tomonida harorat 120°C atrofida bo‘ldi, QE va termoelektrik generator bir xil quvvat ishlab chiqarishni boshlashdi.



1-quyosh elementi; 2- izolyasion qatlam; 3- TO‘; 4- issiqlikni uzatuvchi radiator;

14.1-rasm. Quyosh elementining TO‘ bilan biriktirilishi

Niderlandiyalik olim van Sark ning ishlarida ham foto-termoelektrik gibril qurilmasidan olingan modellashtirish natijalari keltirilgan. Uning xulosalariga ko‘ra bunday gibril qurilma yordamida umumiy FIK ni 23% ga ko‘tarish mumkin. Uning natijalari shuni ko‘rsatadiki, FEB-TEG modullari yordamida, masalan, Malaga (Ispaniya), Utrext (Niderlandiya) hududlarida ikki yillik natijalarga ko‘ra 11-14,7% ga oshirish mumkin.



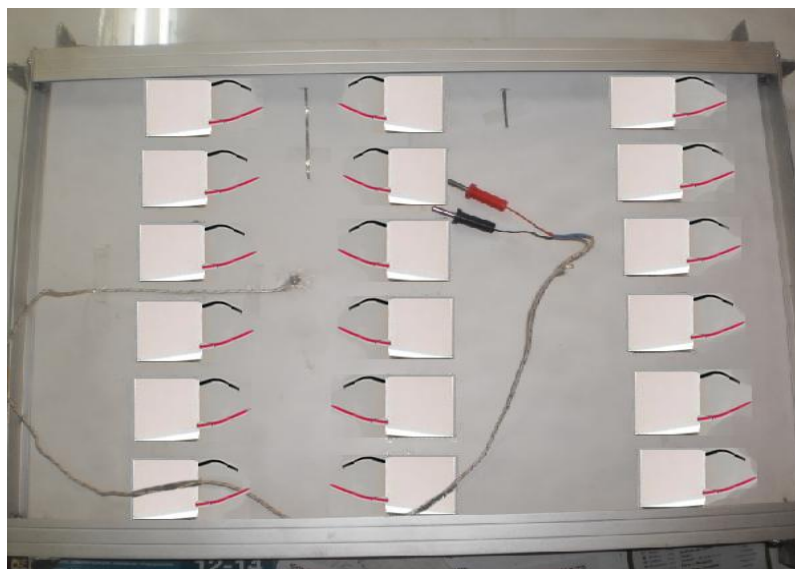
14.2-rasm. Gibrid fotoelektrik-termoelektrik qurilmaning prinsipial sxemasi

Kombinatsiyalashagan foto-termoelektrik qurilmani tayyorlashda dastlab uning fotoelektrik va termoelektrik qismlarini biriktirilishi haqida loyihalar tayyorlandi.

Fotoelektrik batareya (FEB) qismi 18 ta ketma-ket ulangan FIK 15,4% bo‘lgan polikristall kremniy asosidagi QE laridan tashkil topgan. QE geometrik o‘lchamlari va qalinligi mos ravishda 52x156x0,2 mm dan iborat. FEB tayyorlash texnologiyasidan **“Fotoelektrik batareyalar va qurilmalar texnologiyalari”** kursining ma’ruzalaridan tanishsiz.

FEB laminatsiya pechiga qo‘yilishdan oldin uning orqa tomoni yuzasiga termoelektrik batareyalarni (TB) joylashtirish uchun himoya plyonkasi (tedlar) TB o‘lchamlariga mos holda qirqib qo‘yildi. Laminatsiyadan so‘ng osonlik bilan himoya plenkasi olib tashlandi. TB lar maxsus kremniy organik pasta KPT-8 (ya’ni, -60 do +180⁰S oraliqda samarali issiqlik kontaktini ta’minlaydi) orqali FEB ning germetik (etilenvinilatsetat) qismiga biriktirildi. O‘lchamlari va qalinligi mos ravishda 40x40x2,5 mm bo‘lgan o‘n sakkizta ketma-ket ulangan TB ning to‘ldirish koeffitsienti $\xi_t \sim 0,25$, FIK esa $\eta_t \sim 6\%$ ga teng bo‘lib termoelektrik generatorni tashkil etadi. TB p-n tur o‘tishga ega vismut tellur asosidagi 127 ta TO‘ lardan tashkil topgan. Termoelektrik generatorning ish rejimining harorat diapozoni 0÷180⁰C ni tashkil etadi.

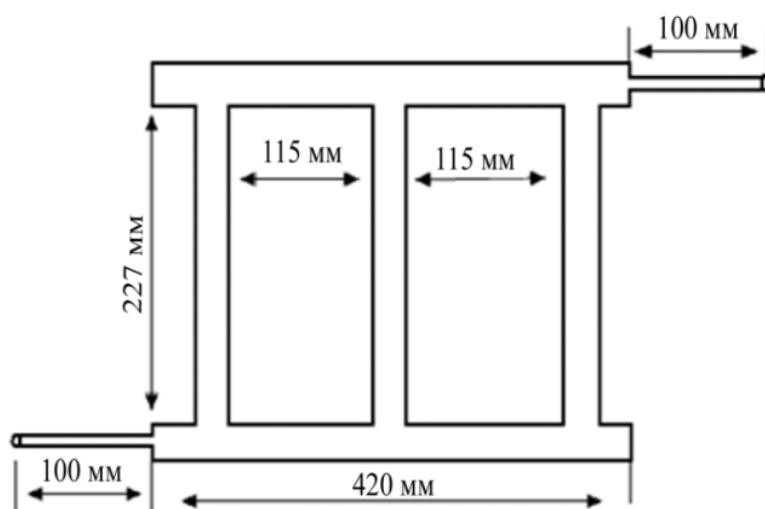
14.3-rasmda FEB ning orqa tomoniga TEB ni joylashtirish keltirilgan. Buning uchun TO‘ ning issiq va sovuq yuzalari Pelte effektidan foydalanib aniqlandi.



14.3-rasm. FEB ning orqa tomoniga TEB ni biriktirish

Termoelektrik generatorlar issiqlik tashuvchilar yoki tabiiy konveksiya yoki radiatorlar yordamida sovutiladi. Hamma holatlarda sovutuvchi uskunaga asosiy talab termobatareya orqali o'tayotgan issiqlikni to'liq uzatish hisoblanadi. Issiqlik tashuvchilar holatida bu issiqlik tashuvchining issiqlik uzatish koeffitsientini optimal tanlash va uni haydash tezligi hisobiga yuz beradi. Tabiiy konveksiya va nurlanish sharoitida radiatorning umumiy maydoni va qovurg'a materialini optimal tanlash hisobiga amalga oshadi. Issiqlik tashuvchilarning qo'llanilishi TB sovuq yuzasidan ajralayotgan issiqlikni samarali ravishda olishga va xo'jalik maqsadlari uchun sezilarli yuqotishsiz uzatishga imkon beradi. Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmasida issiqlik tashuvchi sifatida yuqori issiqlik uzatish koeffitsientiga ega suvdan foydalaniladi.

TB kommutatsiyasi amalga oshirilgandan so'ng TEG uchun umumiy maydoni 288 sm^2 bo'lgan sovutish uskunasi tayyorlandi. Bu uskunaga material sifatida dyuralyuminiy tanlandi. Sovutuvchi uskuna quyidagi shaklda tayyorlandi: sovuq issiqlik tashuvchi uchun uch qatordagi parallel holatdagi to'g'ri to'rtburchakli quvur bir biridan 115 mm masofada joylashadi. Profilning yuqorigi va pastgi uchlari gaz payvandlash orqali to'g'rito'rtburchakli kesimning oltita kanaliga biriktirilgan. Sovuq va issiq suv shtutserlari rezervuarining quyi va yuqori qismlariga ulangan. Payvandlangan joylar g'adir budurlikdan tozalanib silliqlandi. Rezervuarining tutash joylarining germetikligi suyuq muhitda bosim ostida sinovdan o'tkazildi. 14.4-rasmida TEG sovuq yuza tomoniga o'rnatilgan rezervuarining sxemasi keltirilgan.



14.4-rasm. TEG uchun sovituvchi rezervuarining sxemasi

Sovituvchi rezervuarining yon tomonlari issiqlik izolyatsion material sifatida kaolin paxtadan foydalanildi. Uning oʻrtacha zichligi 130 kg/m^3 . Kaolin paxtasining issiqlik oʻtkazuvchanligi tolani montaj vaqtida zichlashtirishga va haroratga bogʻliqdir.



14.5-rasm. Sovituvchi rezervuar va issiqlik izolyasion materialni joylashtirish tartibi

1 - kaolin paxtasi; 2 - mis- konstantan asosidagi termojuftlik; 3 - sovituvchi rezervuar

Oxirgi bosqichda qurilmaning orqa tomoni alyuminiy material asosidagi qopqoq bilan yopildi. Yuqorida sanab oʻtilgan uskunalar toʻrt burchakli shakldagi bitta konstruksiyaga keltirilib laboratoriya stendiga oʻrnatilgan. Tayanch konstruksiya tizimi kombinatsiyalashgan gibrud foto-

termoelektrik qurilmani uch xil holat bo'yicha gorizontga qiya joylashtirish mumkin.

Ishni bajarish tartibi: Dastlab laboratoriya kompleksi, ya'ni kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmasining parametrlarini o'rganish uchun tabiiy quyosh sharoitiga olib chiqiladi. Dastlab qurilmaning FEB qismi janubga orientatsiya qilinib gorizontga qiya holatda optimal burchak tanlanadi va o'lchanadi. Quyidagi meteofaktorlar o'lchanadi: atrof muhit harorati, quyosh nurlanishi oqim zichligi, nisbiy namlik, shamol tezligi va boshqalar.

Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmasining quyosh nurlarini akslantiradigan reflektor qismi maxsus material bilan yopib quyiladi. Qurilmaning fotoelektrik va termoelektrik qismi generatsiya toki bir-biriga ulanmaydi, chunki ularning ichki qarshiligi va VAX to'ldirish koeffitsienti har xildir. Laboratoriya stolida fotoelektrik batareya va termoelektrik generatorning chiqish klemmasi mavjud.

Shu klemmalar orqali kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmasining fotoelektrik va termoelektrik qismining ishlab chiqarayotgan toki va kuchlanishi o'lchab olinadi. Sovutish rezervuariga kirish va chiqish vaqtida issiqlik tashuvchining harorati o'lchab olinadi.

14.1-jadval

Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmaning gorizont bilan hosil qilgan qiya burchagi - _____ grad.										
	Vaqt inter-vali (min)	Atrof muxit xarorati ($^{\circ}\text{C}$)	Quyosh radiatsiyasi (Wt/m^2)	Shamol tezligi (m/s)	FEB qismining kuchlanishi (V)	FEB qismining toki (A)	TEG qismining issiqlik -EYUK (V)	TEG qismining toki (mA)	Suvni -ng kirish harorati $^{\circ}\text{C}$	Suvni -ng chiqish harorati $^{\circ}\text{C}$
1	0									
2	10									
3	20									
4	30									
5	40									
6	50									
7	60									
8	70									
9	80									

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmasining konstruktiv tarkibi sxemasi, iste'molga ulanish holati sxemasini chizing va to'liq ish jarayonini tavsiflang.
4. Tajriba natijalari bo'yicha 14.1-jadvalni to'ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari:

1. Fotoelektrik va termoelektrik batareyalarni birlashtirish g'oyasi birinchi kim tomonidan taklif qilingan?
2. Termoelektrik o'zgartirgichlar nima? Ular qanday sinflarga bo'linadi?
3. Zebeek va Pelte effekti haqida nimalarni bilasiz? Bu jarayonlarning mohiyatini tushuntiring?
4. Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmasining ish jarayonini batafsil yozing.

15-LABORATORIYA ISHI

KOMBINATSIYALASHGAN FOTO-TERMOELEKTRIK QURILMANING ISH JARAYONINI O'RGANISH

Ishdan maqsad

1. Reflektor qo'llanilgan holatda kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmaning parametrlarini aniqlash.

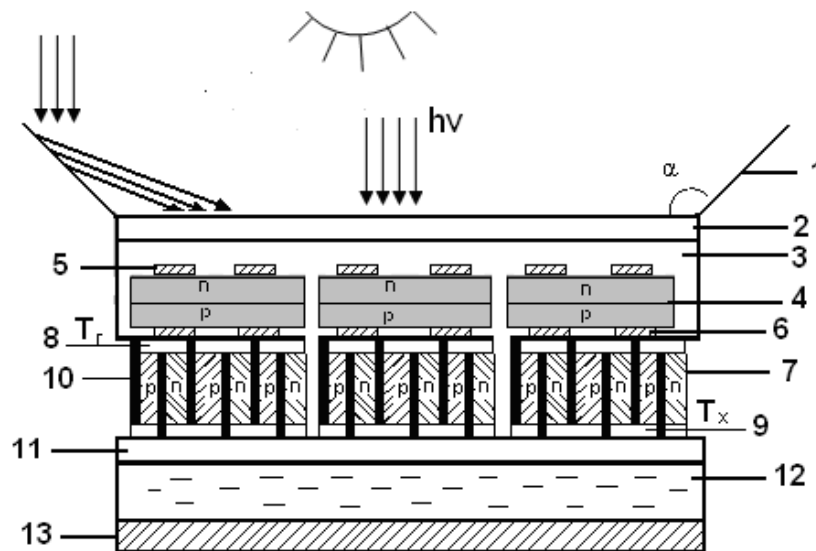
Qisqacha nazariy ma'lumot

Fotoelektrik batareyalarni samaradorligini oshirish imkoniyatlaridan biri bu ularni termoelektrik o'zgartirgichlar bilan birlashtirish hisoblanadi. FEB O'zbekiston sharoitida qo'llash shartidan kelib chiqib TO' larda material sifatida vismut-tellur birikmasi tanlangan edi, chunki ularning samaradorligi past haroratlarda boshqa TO' ga qaraganda yuqori edi.

Agar QE samaradorligi 15,4% ga teng bo'lsa, unda atrof muhit harorati va TO' larda temperatura farqiga bog'liq holda ularning

samaradorligini 1-2% ga oshirish mumkin. Ma'lumki TEB parametrlari, shuningdek quvvati uning yuza tomonlaridagi issiq va sovuq haroratlari farqiga (ΔT) ga bog'liqdir. TEB samaradorligining oshishi asosan atrof muhit harorati yuqori ko'rsatkichlarida namoyon bo'ladi. Harorat farqini ΔT texnik jihatdan oshirish imkoniyatlaridan biri sovuq yuzani kichik haroratli issiqlik tashuvchi (suv, azot va boshqalar) bilan sovutish hisoblanadi.

Kombinatsiyalashgan gibril foto-termoelektrik qurilmaning prinsipial sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



1 – akslantiruvchi reflektorlar; 2-himoya shisha qoplamasi; 3-germetik qatlam (etilenvinilatsetat); 4 - QE; 5-QE frontal kommutatsion kontaktlari; 6– QE orqa yuzasidagi kommutatsion kontaktlari; 7 – past haroratli TO' (Bi_2Te_3); 8 – TO' «issiqlik» yuzasi; 9 –TO' «sovuq» yuzasi; 10 – izolyasion materiallar; 11-Issiqlik o'zativchi pasta (HY Thermal grease); 12-issiqlik tashuvchi (suv); 13- korpus.

15.1-rasm. Kombinatsiyalashgan gibril foto-termoelektrik qurilmaning prinsipial sxemasi

Kombinatsiyalashgan gibril foto-termoelektrik qurilmasida FEB frontal qismida to'rtta akslantirgich reflektorlar ishchi sohaga $\alpha \sim 110^\circ \div 120^\circ$ burchak ostida joylashgan (2-rasm). Ushbu laboratoriya ishini bajarishda reflektorlarni operativ boshqarish va FEB maksimal qisqa tutashuv tokiga qarab α burchak tanlanadi.

Termoelektrik generatorning (18 ta ketma-ket ulangan TEB) chiqish generatsiya quvvati quyidagicha topiladi:

$$P_g = S_m I_{teg} (T_h - T_c) - I_{teg}^2 R_m \quad (15.1)$$

Bu yerda S_m -Zebeek koeffitsienti; R_m -TEG ning elektrik qarshiligi; I_{teg} -TEG ning generatsiya toki; T_h va T_c -mos ravishda TEG ning “issiq” va “sovuq” yuzalari harorati.



15.2-rasm. Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmasining umumiy ko‘rinishi

Bu jarayonda issiq yuza harorati $T_h = T_{b.s}$ ga teng, $T_{b.s}$ -FEB orqa yuzasi himoya plenkasidagi harorat. Mumkin bo‘lgan maksimal I_{teg} ning ifodasi quyidagicha hisoblanadi:

$$I_{teg} = \frac{S_m(T_h - T_c)}{2R_m} \quad (15.2)$$

TEG ning “issiq” yuzasiga berilayotgan issiqlik FEB ning “Tedlar” himoya plenkasi orqali issiqlik uzatish hisobiga amalga oshadi, bunda uzatilgan issiqlik miqdorini quyidagicha yozish mumkin:

$$Q_h = \frac{K_m A_m (T_h - T_c)}{t_m} \quad (15.3)$$

Bu yerda A_m va t_m – mos ravishda TEG ning yuzasi va qalinligi; K_m -TEG issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti.

TEG ga uzatilgan issiqlikning bir qismi elektr energiyasiga aylantiriladi, qolgan qismi TEG ning “sovuq” yuzasi orqali sovituvchi rezervuarga uzatiladi.

Umumiy holda, Q_h ni qo‘yidagicha hisoblash mumkin:

$$Q_h = Q_c + P_{teg} \quad (15.4)$$

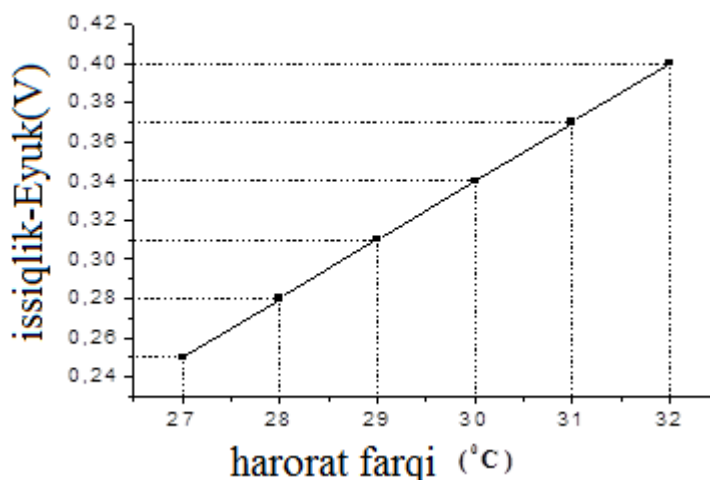
Q_c ning qiymatini FEB himoya plenkasidan TEG uzatilayotgan va atrof muhitga ajralayotgan issiqlikni hisobga olib umumiy issiqlik qarshiligi orqali hisoblash mumkin.

FEB ning generatsiya quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_p = \xi_{\phi} \times I_{sc, \min} \sum_{i=1}^n U_{i, oc} \quad (15.5)$$

Hisob kitoblarga ko‘ra akslantiruvchi reflektorlar yordamida quyosh nurlanishi oqim zichligini FEB frontal ish sohasida 1,6-1,7 marta oshirish mumkin, shuningdek FEB quvvatini 30-40% ga, TEG quvvatini 40-50% va undan ko‘p ko‘tarish mumkin.

15.3-Rasmda TEB issiqlik-EYUK ning ΔT harorat farqiga bog‘liqlik o‘lchov natijalari keltirilgan. Qaralayotgan harorat intervalida issiqlik-EYUK ΔT ga chiziqli bog‘liqdir va kuchlanish gradienti $\sim 0,068$ v/grad. ni tashkil etgan.



15.3-rasm. Vismut-tellur asosidagi TEB issiqlik-EYUK ning ΔT ga harorat farqiga bog‘liqligi

Olingan natijalar asosida kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmaning reflektorsiz va reflektor qoʻllanilgan holatdagi natijalari olingan.

15.1-jadval

№	t, °C	τ , min	E_0 Vt/m ²	$I_{k.t.}$, A	$U_{s.yu.}$, V	I_t , mA	U_t , V
$\Delta T = 24 \div 27$ °C da oʻlchash (reflektorsiz)							
1	17÷19	11 ⁰⁰	790	2,1	0,59	60	0,21
2		11 ¹⁵	795	2,3	0,60	60	0,22
3		11 ³⁰	798	2,4	0,60	60	0,23
4		11 ⁴⁵	798			90	0,28
5		12 ⁰⁰	800			80	0,24
6		12 ¹⁵	800			60	0,21
7		12 ³⁰	800			80	0,25
8		12 ⁴⁵	800			90	0,29
9		13 ⁰⁰	800			80	0,25

15.2-jadval

№	t, °C	τ , min	E_0 , Vt/m ²	$I_{k.z.}$, A	$U_{x.x.}$, V	I_t , mA	U_t , V
$\Delta T = 45 \div 48$ °C da oʻlchash (reflektordan foydalanilgan holda)							
1	17 ÷ 19	0	1260	2,5	0,62	80	0,24
2		5	1260	2,58	0,63	90	0,30
3		10	1262	2,6	0,63	80	0,25
4		15	1263			100	0,35
5		20	1263			100	0,32
6		25	1264			80	0,25
7		30	1264			100	0,34
8		35	1264			110	0,37
9		40	1270			120	0,38
20 minutdan soʻng							

1	19÷21	0	1270	2,58	0,64	80	0,25
2		5	1272	2,6	0,66	100	0,35
3		10	1272	2,62	0,67	90	0,30
4		15	1274			120	0,39
5		20	1274			110	0,37
6		25	1274			80	0,25
7		30	1274			110	0,37
8		35	1274			120	0,38
9		40	1274			130	0,40

Ishni bajarish tartibi: Tajriba ishi ochiq havoda tabiiy sharoitda olib boriladi. Dastlab qurilmaning FEB qismining janub tomonga orientatsiyalab gorizontga qiya holatdagi optimal burchagi tanlanadi va o'lanadi. Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmaning parametrlarini o'lchashdan oldin reflektorlar qo'llanilishiga e'tibor qaratiladi. Dastlab har 10 daqiqada atrof muhit harorati, quyosh nurlanishi oqim zichligi, shamol tezligi va qurilmaning FEB qismining generatsiya toki, kuchlanishi, 3 ta termojuftlik (mis-konstantan), 1 ta xromel-alyumel termojuftlik yordamida FEB orqa himoya qismining (Tedlar) harorati, TEG ning issiqlik-EYUK, generatsiya toki, sovutish rezervuariga kirayotgan t_1 ($^{\circ}\text{C}$) va chiqayotgan issiqlik tashuvchining harorati t_2 ($^{\circ}\text{C}$) ham o'lchanib 15.3-15.4 jadval to'ldiriladi

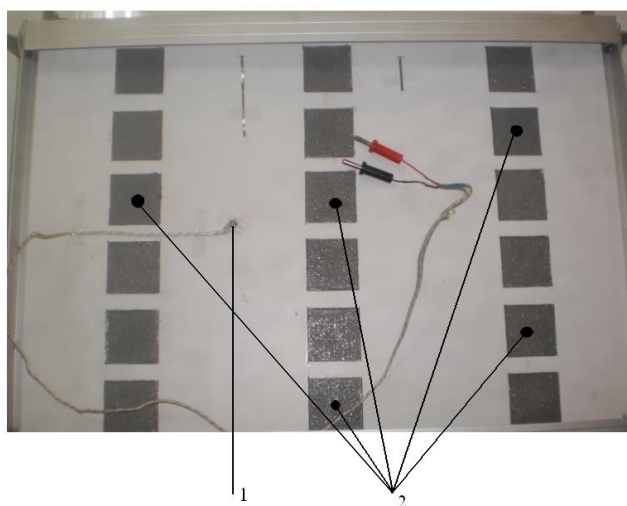
15.3-jadval

Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmaning gorizont bilan hosil qilgan qiya burchagi - _____ grad.										
	τ (min)	t_a ($^{\circ}\text{C}$)	E (Wt/m^2)	v (m/s)	FEB $U_{o.c}$ (V)	FEB $I_{s.c}$ (A)	TEG issiqlik – EYUK (V)	TEG toki (mA)	t_1 ($^{\circ}\text{C}$)	t_2 $^{\circ}\text{C}$
1	0									
2	10									
3	20									
4	30									
5	40									
6	50									
7	60									
8	70									
9	80									

15.4-jadval

	τ (min)	U_1 (mV)	$t_{1.th}$ ($^{\circ}C$)	U_2 (mV)	$t_{2.th}$ ($^{\circ}C$)	U_3 (mV)	$t_{3.th}$ ($^{\circ}C$)
1	0						
2	10						
3	20						
4	30						
5	40						
6	50						
7	60						
8	70						
9	80						

Qurilmaning FEB qismining harorati 3 ta termojuftlik (mis-konstantan), 1 ta xromel-alyumel termojuftlik yordamida o'lanadi (15.4-rasm). O'lchash vaqtida termojuftlikning bir uchi namunaga yopishtirib qo'yiladi, ikkinchisi esa $0^{\circ}C$ haroratda ushlab turiladi, bunda muz solingan konteynerdan foydalanish mumkin.



1. QE ning ishchi sohasida; 2. QE ning orqa tomonida

15.4-rasm. Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmasining FEB qismining orqa tomonida termojuftliklarning joylashishi

Chiqish klemmalari orqali potensiometr yoki millivoltmetr yordamida uning kuchlanishi o'lanadi, so'ngra maxsus mis-konstantan yoki xromel-alyumel uchun graudirovka jadvalidan foydalanib haroratning $^{\circ}C$ dagi qiymati aniqlanadi.

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmasining issiqlik balans tenglamasi, issiqlikning uzatilishi, eksperiment natijalari haqida talabning fikri yoziladi.
4. Tajriba natijalari bo'yicha 15.3-15.4 jadvalni to'ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari:

1. Fotoelektrik va termoelektrik batareyalarni birkirish g'oyasi birinchi kim tomonidan taklif qilingan?
2. Termoelektrik o'zgartirgichlar nima? Ular qanday sinflarga bo'linadi?
3. Zebeek va Pelte effekti haqida nimalarni bilasiz? Bu jarayonlarning mohiyatini tushuntiring?
4. Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmasining ish jarayonini batafsil yozing.

16-LABORATORIYA ISHI

VAKUUM TRUBKALI QUYOSH KOLLEKTORINING ISH JARAYONINI O'RGANISH

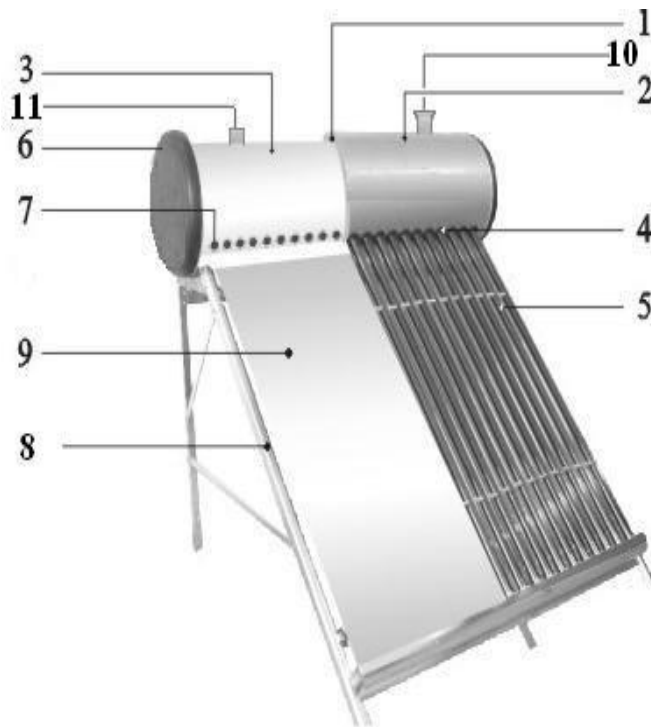
Ishdan maqsad

Vakuum trubkali quyosh kollektorining issiqlik samaradorligini aniqlash.

Qisqacha nazariy ma'lumot

Quyosh suv isitish (kollektori) qurilmalari 2 ta turdan: butun va alohda turdagi konstruksiyalarga bo'linadi.

Butun turdagi kollektor (monoblok) vakuum kolbalar, bak (termos) - issiq suv rezervuari, shuningdek galvanik qoplamali tayanch osti metall rama yordamidagi yagona konstruksiyaga mahkamlangan tizimdan tashkil topgan.

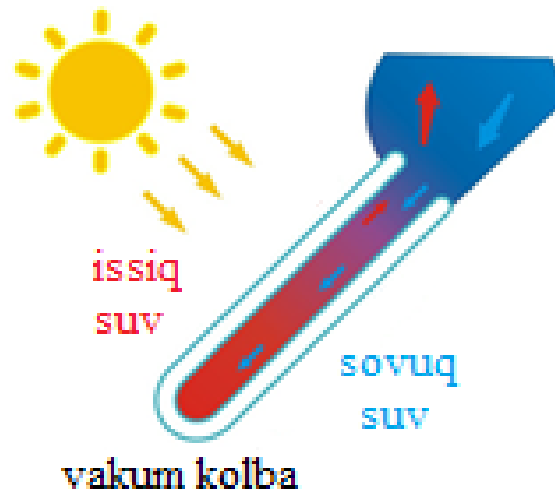


16.1-rasm. Butun turdagi vakuum trubkali kollektor

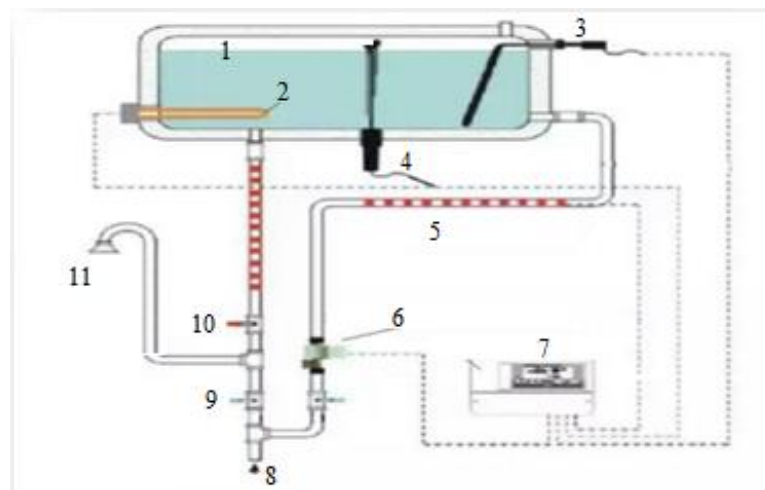
1 – Suv uchun bak; **2** – bakning tashqi qatlami; **3** – bakning ichki qatlami; **4** – tashqi mahkamlagich; **5** – vakuum trubkalar; **6** – suv uchun bak qopqoqlari; **7** – rezinali mahkamlagich; **8** – tayanch osti rama, material – galvanik qoplamali po‘lat yoki zanglamaydigan pulat; **9** – akslantiruvchi plastina – qo‘shimcha variant; **10** – avariya holatida havo klapani; **11** – kontroller datchigi.

Monoblok-kollektor asosan uy yoki binoning tomida o‘rnatilib iste‘mol manbaigacha bo‘lgan zarur issiq suv bosimi ta‘minlanadi. Bak ichki qismida sirkulyatsiya tabiiy jarayonlar hisobiga amalga oshiriladi. Jamlanmaga shuningdek rama-tayanch tizimi, smart (aqlli) kontroller, elektromagnit klapan va elektr ten ham kiradi. Tanlov uchun bakning 2 turi: oddiy va zmeevik issiqlik almashingichli turlari taqdim etiladi. Zmeevik issiqlik almashingich bilan ta‘minlangan kollektoring samaradorligi oddiysiga nisbatan ~30% ga yuqoriligi issiqlik

almashingich orqali o'tayotgan oqar suvning qizdirish momentiga bakda turgan issiq suv quyosh energiyasi hisobiga ham qiziydi. Iste'mol qilish darajasiga qarab bakdagi suvning miqdori 100l, 150l, 200l, 250l, 300l bo'ladi.



16.2-rasim. Vakuum trubkali kollektorning tashqi ko'rnishi



16.3-rasim. Vakuum trubkali kollektorning prinsipial sxemasi

1-Suv uchun bak, 2-Elektr isitgich, 3-Yuqori sath datchigi, 4-Quyi sath datchigi, 5-Qizdiruvchi kabel, 6-Elektromagnit klapan, 7-Aqlli controller, 8- Sovuq suvning kirish qismi, 9- Sovuq suv krani, 10-Issiq suv krani, 11- Iste'molchi

Bak akkumulyator 3ta qatlamdan tashkil topgan:

1. Bakning ichki qismi zanglmaydigan po‘lat markasi M-304dan tayyorlanadi, bu esa uning gigenik rejalarda yuqori xavfsizlik shuningdek korroziyaga barqarorlik, uzoq muddatli amaliy foydalanishda mustahkamlikni ta‘minlaydi.

2. Bakning o‘rta qatlami issiq suv haroratini uzoq muddat saqlashni ta‘minlaydigan yuqori akkumulyatsiyalash funksiyasiga ega, yuqori sifatli poliuretan, qalinligi 55 mm bo‘lgan utepliteldan iborat. Qish vaqtlari, atrof-muhit harorati 0°C dan kichik bo‘lganda issiqlik yo‘qotilishi jami bo‘lib $\sim 3-6^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi. Masalan, kechqurun kollektorda suvning harorati $+60^{\circ}\text{C}$ bo‘lsa, ertalab bu harorat ko‘rsatkich 5°C ga kamayadi, ya‘ni $+55^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi.

3. Bakning tashqi metall qoplamasi maxsus himoya bo‘yoqli bo‘lib tashqi ta‘sirlardan (quyosh nurlanishi, yog‘inlar, ya‘ni qor, yomg‘ir do‘l) himoya qilishni ta‘minlaydi.

Qolgan qismlari rezina, plastik tashqi ta‘sirlarni hisobga olib tayyorlanadi. Vakuum kolbalar yorug‘lik yutuvchi qatlamga ega, mustahkam bor silikatli toblangan shishalardan tayyorlangan bo‘lib quyosh nurlanishini issiqlik energiyasiga o‘zgartirib suvni qizdiradi. Tabiiy sirkulyatsiya sabab kolbada qizigan suv yuqoriga ko‘tarilib bakda akkumulyatsiyalanadi. Smart-kontroller kollektorining hamma ish jarayonlarini (bakda suvning harorati, bakda suvning sathi, bakga suvning quyilishi uchun elektromagnit klapaning ish rejimi, zaruriyat tug‘ilganda 1,5 kVt quvvatdagi ten qo‘shish va ajratish) boshqaradi. Bu kollektordan foydalanib 9 oy davomida suvni qizdirishga bo‘lgan 100% energiyani tejash mumkin.



Smart
kontroller



Elektromagnit
klapan



Issiqlik
almashingich



Elektr tenar

16.4-rasim. Vakuum trubkali kollektorning butlovchi qismlari

150 litr suv sig‘imiga ega quyosh vakuum trubkali kollektorning texnik xarakteristikalari.

Bakning tashqi qoplamasi: Buyalgan po‘lat 0,4 mm
 Bakning ichki qatlami: SUS 304-0,5mm zanglamaydigan po‘lat
 Vakuum kolbalar: 58mm/1800mm
 Rama: Ruxlangan galvanik po‘lat-1,5mm
 Issiqlik izolyatsiya materiali-Poliuretan
 Izolyatsiya qalinligi: 50 mm
 Ramaning qiyalik burchagi: 35-45 gradus
 Bakning diametri: 375mm/475mm.

Vakuum kolba 58mm/1800mm ning xarakteristikalari.

Tarkibi	Konsentrik to‘liq shishali quyosh kolbalar
Uzunligi	1800±5mm
Kolbaning tashqi diametri	58±0.7mm
Kolbaning tashqi shishasining qalinligi	1.8±0.15mm
Kolbaning ichki diametri	47±0.7mm
Kolbaning ichki shishasining qalinligi	1.6±0.15mm
Shishaning materiali	Bor silikat shisha 3.3
Yutuvchi qoplamaning unumdorligi	
Kolbaning ichki qismi qoplamasi	Birqatlamli yoki uch qatlamli
Vakuum kolbaning uchqatlamli qoplamasi tarkibi	Quyosh nurlarini selektiv yutuvchi qoplama: kompozit mis – zanglamaydigan po‘lat – alyuminiy - CU/SS-ALN(H)SS/ALN(L)/ALN
Purkash (uchirish) usuli	DS reaktiv purkash
Yutish darajasi	> 91%
Quyosh nurlanishi yuqotilishi	< 8% (80°C±1,5 °C)
Vakuum darajasi	$P \leq 5 \times 10^{-3} \text{ Pa}$

Maks. harorat	270 - 300°C
Nominal bosim	0.6MPa
Issiqlik yuqotilishlari o‘rtacha koeffitsienti	$\leq 0.6W/(m^2\text{°C})$
Yog‘inlarga barqarorlik	< 35 mm
O‘ta qizishga barqarorlik	300°C
Kichik haroratlarda ish jarayoni	0°C- 10°C
Yaroqlilik muddati	~15 yil

Alohida turdagi quyosh vakuum trubkali kollektori

Alohida turdagi geliotizimda quyosh kollektori binoning tomiga o‘rnatilib, akkumulyatsiya baki esa alohida binoning ichki qismida o‘rnatiladi. Shunday qilib, kollektor va bak qismi alohida bo‘ladi. Suvning qizishi esa kollektorga nasos orqali harakatga keltiriladigan issiqlik tashuvchi (antifriz, propilenglikol)ning bakka joylashgan issiqlik almashingich orqali suvga harorat uzatilishiga asoslangan. Bak uzoq muddat qaynoq suv haroratini o‘zida saqlab termos funksiyasini bajaradi. Uning suv hajmi iste’molchilar talabidan kelib chiqib aniqlanadi. Qo‘shimcha ravishda qurilmaning butlovchi qismlari sifatda smart kontroller, elektrik ten, nasos va isitish qurilmalari kiradi. Quyosh kollektorlarning alohida turdagi konstruksiyasi gibrid tizim sifatda qo‘llanilishi mumkin, bunda quyosh kollektorlari gaz yoki elektrik qozonlar bilan mujassamlashgan holatda bo‘ladi.

Quyosh kollektorlarining samaradorligi kollektor yuza birligi tekisligiga tushayotgan quyosh nurlanishi quvvati, atrof-muhit harorati va kollektordan o‘tayotgan issiqlik tashuvchining haroratiga bog‘liqdir.

Bizning tajribalarimizda vakkum quyosh kollektorining samaradorligi qurilmadan olinayotgan foydali issiqlik energiyasining kollektor yuza birligiga tushayotgan quyosh nurlanishi quvvatiga nisbatiga teng:

$$\eta_{v.t.k} = \frac{Q_k}{I_T F_k} \quad (16.1)$$



16.4-rasm. Alohida turdagi quyosh vakuum trubkali kollektor

Quyosh kollektoridan olingan foydali energiyani issiqlik yo‘qotishlari va optik FIK ta’sirini hisobga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$Q_k = I_T \cdot (\tau\alpha)F_k - U_k F_k (T_k - T_a) \quad (16.2)$$

(1) va (2) bog‘liqlikdan kelib chiqib quyosh kollektorining FIK hisoblash uchun ifodani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\eta_{v.t.k} = (\tau\alpha) - \frac{U_k(T_k - T_a)}{I_T} = G \cdot c_p \cdot (T_k - T_{ch}) \quad (16.3)$$

bu yerda I_T -kollektor absorberi m^2 maydoniga tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligi; $(\tau\alpha)$ – kollektorning samarali optik FIK, ya’ni τ –vakuum kolbaning nur o‘tkazish koeffitsiyenti; α – absorberning yutish qobiliyati; F_k –kollektorning maydoni; U_k –kollektorda issiqlik yo‘qotishlari umumiy koeffitsiyenti; T_k –issiqlik tashuvchining kirish vaqtidagi harorati; T_a –atrof muhit harorati; G - issiqlik tashuvchining massa sarfi ($\frac{kg}{s}$), C_p - issiqlik tashuvchining issiqlik sig‘imi ($\frac{J}{kgK}$); T_{ch} – issiqlik tashuvchining chiqish vaqtidagi harorati.

Bir qancha holatlarda har xil turdagi quyosh kollektorining ish samaradorligi issiqlik yo‘qotishlarining yig‘indi koeffitsiyentlari bilan baholanadi. Ayrim adabiyotlarda shishasiz quyosh kollektorlari uchun U_k

$\approx 21 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, shishali yassi quyosh kollektorlari uchun $U_k \approx 4 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, vakuum turdagi quyosh kollektorlari uchun $U_k \approx 1,5 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ni tashkil etadi deyilgan.

Ishning bajarilish tartibi: Vakuum trubkali quyosh kollektori yilning istalgan davrlarga mo'ljallanganligi sababli tajriba tabiiy ochiq havo sharoitida olib boriladi.

1. Ishni bajarishdan oldin vakuum trubkali kollektorning ish jarayonining nazariy asoslari bilan tanishish.

2. Vakuum trubkali kollektorning bak qismidan 150 l issiq suv to'liq iste'molga uzatiladi.

3. Bunday vaqtda elektomagnit klapan bakning suv sig'imi kamayishini hisobga olib sovuq suv bilan to'ldiradi. Bakga suvning kirish qismidagi harorati (T_{in}), o'rnatilgan termometr yordamida o'lchab olinadi.

4. Kollektor yuza sohasida tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi)- I_T kollektor yuza sohasida tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi)- I_T , har 10 min. o'lchab turiladi.

5. Qizigan suvning harorati har 10 min. smart controller yordamida T_{out} , chiqish qismida sekundomer yordamida suv olinib miqdori o'lchab turiladi. issiqlik tashuvchining issiqlik sig'imi, issiqlik yuqotishlarining yig'indi koeffitsiyenti va boshqa kattaliklar ma'lumotnomadan olinadi. Yuza birligidan olinayotgan foydali energiya va kollektorning samaradorligi yuqoridagi formulalar asosida hisoblab topiladi. O'lchashlar asosida 16.1-jadval to'ldiriladi

16.1-jadval

	τ (min)	F_k (m^2)	T_{in} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{out} ($^{\circ}\text{C}$)	I_T (Vt/m^2)	G ($\frac{\text{kg}}{\text{s}}$)	C_p ($\frac{\text{J}}{\text{kgK}}$).	Q_u (Vt)	FIK η
1	0								
2	10								
3	20								
4	30								
5	40								
6	50								
7	60								
8	70								
9	80								

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo‘lgan ma’lumotlarni ko‘rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Vakuum trubkali kollektorning sovuq suv manbai, iste’molga ulanish holati, to‘liq ish jarayonining prinsipial sxemasini chizing.
4. Tajriba natijalari bo‘yicha 16.1-jadvalni to‘ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Qanday turdagi quyosh kollektorlarini bilasiz? Ularning tuzilishi qo‘llanilishi, yutuqlari va kamchiliklari.
2. Yassi quyosh kollektorlarining konstruktiv tuzilishi qanday?
3. Vakuum trubkali quyosh kollektorlarining konstruktiv tuzilishi qanday?
4. Yassi vakuum quyosh kollektorlaridan vakuum trubkali quyosh kollektorlarining qanday afzalliklari bor?
5. Geliosistemalarda qanday turdagi energiya tashuvchilardan foydalaniladi?

17-LABORATORIYA ISHI

YASSI QUYOSH KOLLEKTORINING ISSIQLIK SAMARADORLIGINI ANIQLASH

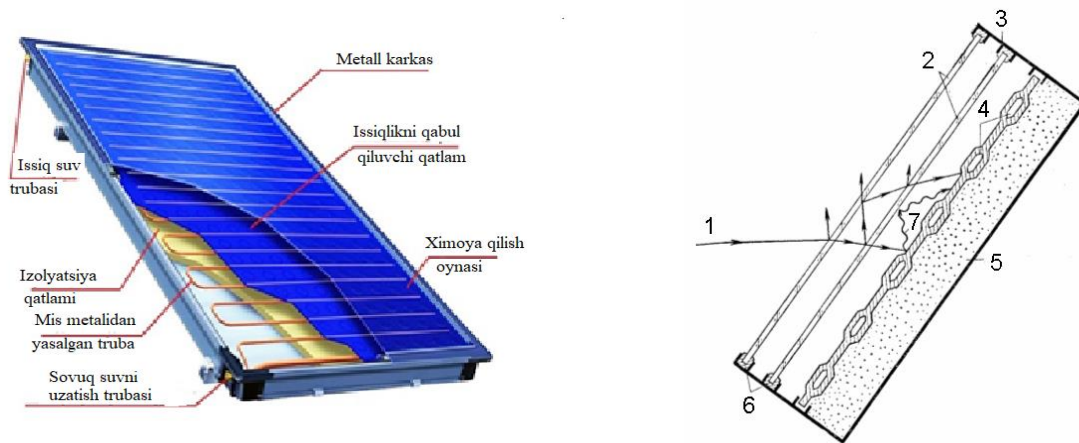
Ishdan maqsad.

1. Yassi quyosh kollektori qurilmasi ish jarayoni bilan tanishish.
2. Yassi quyosh kollektori qurilmasining ekspluatatsion parametrlarini o‘rganish.

Qisqacha nazariy ma’lumot.

Keng tarqalgan suyuqlikli yassi quyosh kollektori (17.1-rasm) issiqlik tashuvchi sirkulyasiyasi uchun maxsus issiqlik yutuvchi metall list va unga biriktirilgan kanallar (absorber) dan tashkil topadi. Quyosh issiqlik nurlanishini yutuvchi absorberni yuqori qismida (bir qancha oraliqda) selektiv shaffof shisha qoplamasi bo‘ladi. Konstruksiya hamma qismi

korpusga biriktirilib pastki va yon tomondan issiqlik izolyasion material bilan ta'minlanadi.



17.1-rasm. Yassi quyosh kollektorining konstruktiv tuzilishi

1 – quyosh nuri; 2 – oynali qobiq; 3 – korpus; 4 – issiqlik qabul qilgich yuzasi (absorber); 5 – issiqlik izolyatori; 6 – mahkamlagich; 7 – xususiy to‘lqin uzunligi.

Bunday quyosh kollektorining ish jarayoni selektiv shisha qoplamasining xossalriga bog‘liq bo‘lib, qisqa to‘lqinli quyosh nurlarini o‘tqazish va qizigan yuzadan (absorber) nurlanayotgan uzun to‘lqinli radiatsiyani ushlab qolishga asoslangan bo‘lib sodir bo‘layotgan hodisa “parnik effekti” deb nomlanadi. Bunday quyosh nurlanishini selektiv o‘tqazish natijasida absorber qizib uzun to‘lqinli nurlanishni chiqara boshlaydi. Shisha qoplamasining uzun to‘lqinli nurlanishni ushlab turish hisobiga shisha-absorber o‘rtasidagi fazoda haroratning sezilarli ko‘tarilishi ro‘y beradi.

Shishaning nur o‘tqazish xossasining yaxshilanishiga shisha yuzasini teksturalash, tarkibida temir materialini kamaytirish yordam beradi, uzun to‘lqinli nurlanishni ushlab turishga esa qo‘shimcha ravishda shishaga qilingan selektiv qoplamalar ko‘mak beradi.



17.2-rasm. Yassi quyosh kollektorining umumiy ko‘rinishi

Odatda absorber paneli yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega materiallar (mis, alyuminiy) dan tayyorlanadi yoki qora rangga bo‘yaladi, shuningdek yuqori quyosh energiyasining yutilish koeffitsiyenti ega qora material bilan qoplanadi.

Agar issiqlik tashuvchi absorber bilan kontaktida bo‘lsa, unda u bu energiyani oladi. Quyosh kollektori chiqish qismidagi foydali energiya 3 ta parametrga bog‘liq: kollektor yuza tekisligidagi tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi) I_T , kollektorga kirish qismida issiqlik tashuvchining o‘rtacha harorati T_{in} va atrof-muhit harorati T_a .

Vaqt bo‘yicha kollektorning yuza birligidan olinadigan foydali energiya quyidagi ifodadan topiladi (Vt).

$$Q_u = F_R A [I_T (\tau \alpha) - U_L (T_{in} - T_a)] \quad (17.1)$$

Bu yerda A -kollektorning maydoni (m^2); F_R -kollektordan issiqlik uzatish koeffitsiyenti I_T - kollektor yuza tekisligidagi tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi) Vt/m^2 , τ -quyosh nurlanishiga nisbatan shaffof qoplamaning o‘tkazish koeffitsiyenti, α -quyosh nurlanishiga nisbatan shaffof qoplamaning yutish koeffitsiyenti, U_L -kollektorda to‘liq issiqlik yuqotilishi koeffitsiyenti, bu koeffitsiyent

shamol tezligiga, shaffof qoplamalar soniga va izolyatsion materiallarning xossasiga bogʻliq.

Soddalashtirilgan varianti:

$$Q_u = AGC_p(T_{out} - T_{in}) \quad (17.2)$$

Bu yerda G - issiqlik tashuvchining solishtirma massa sarfi ($\frac{kg}{m^2s}$), C_p - issiqlik tashuvchining issiqlik sigʻimi ($\frac{Dj}{kgK}$). Mos ravishda geliokollektorning FIK quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{Q_u}{AI_T} \quad (17.3)$$

Issiq suv taʼminoti uchun isteʼmol quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_p = GC_p(T_{out} - T_{in}) \quad (17.4)$$

Tajriba mashgʻulotini bajarish tartibi. Yassi quyosh kollektori mavsumiy davrlarga moʻljallanganligi sababli tajriba tabiiy quyoshli ob-havo sharoitida olib boriladi. Tajriba mashgʻuloti oʻtkaziladigan stand yassi quyosh kollektoriga rezina shlang orqali issiqlik tashuvchi (sovuq suv) yoʻnaltiriladi.

17.1-jadval

	τ (min)	A (m^2)	T_{in} ($^{\circ}C$)	T_{out} ($^{\circ}C$)	I_T (Vt/m^2)	G ($\frac{kg}{m^2s}$)	C_p ($\frac{Dj}{kgK}$)	Q_u (Vt)	FIK η
1									
2	10								
3	20								
4	30								
5	40								
6	50								
7	60								
8	70								
9	80								

Kollektor issiqlik tashuvchiga toʻliq toʻldiriladi, uning chiqish qismidagi shtutser orqali havo chiqarib yuboriladi. Bak akkumulyatorda suv toʻlganidan keyin kran yordamida uzib quyiladi. Har 10 daqiqa vaqt intervali bilan kirish qismiga oʻrnatilgan termometr yordamida sovuq suvning harorati (T_{in}), kollektor yuza sohasida tushayotgan quyosh

nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi)- I_T , chiqish qismiga o'rnatilgan termometr yordamida issiq suvning harorati T_{out} o'lchab turiladi. Kollektor panelining maydoni (m^2) metr yordamida o'lchanib yuza hisoblab topiladi, shuningdek issiqlik tashuvchining issiqlik sig'imi C_p ma'lumotnomalardan topiladi.

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Vakuum trubkali kollektorning sovuq suv manbai, iste'molga ulanish holati, to'liq ish jarayonining prinsipial sxemasini chizing.
4. Tajriba natijalari bo'yicha 17.1-jadvalni to'ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Yassi quyosh kollektorining tuzilishini aytib bering.
2. Quyosh kollektorining ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Tajriba bajarish tartiblarini ayting.
4. Yassi quyosh kollektorining texnik xarakteristikasini aytib bering.

18-LABORATORIYA ISHI

LOKAL ELEKTR TARMOG'IGA PARALLEL ULANGAN 20 KVT QUVVATDAGI FOTOELEKTRIK STANSIYANING ISH JARAYONINI O'RGANISH

Ishdan maqsad

1. Elektr tarmog'i bilan integrallashgan fotoelektrik stansiyaning ish jarayonini o'rganish
2. Elektr tarmog'i bilan integrallashgan fotoelektrik stansiyaning ekspluatatsion parametrlarini monitoring qilishni o'rganish

Qisqacha nazariy ma'lumot

Berlin konsorsiumi Prethezm Solutions/BAE Batterien va Dena energetika agentligi (Germaniya) tomonidan beg'araz maqsadda 2016 yil

23 sentyabrda Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetiga quvvati 20 kVt boʻlgan quyosh FES oʻrnatilgan edi (18.1 rasm).



18.1-rasm. 20 kVt quvvatli quyosh fotoelektrik stansiyasining umumiy koʻrinishi

FES 60 ta ketma-ket va parallel ulangan fotoelektrik panellar (FEP), quvvati 22 kVt boʻlgan uch fazali tarmoq invertori (SMA, Sunny Tripower 22000TL), umumiy quvvati 9.9 kVt boʻlgan 3 dona akkumulyator kuchlanish invertori (SMA, Sunny Island invertors), eruvchan saqlagich (Batfuse–B.03), sigʻimi 660 A·soat va yigʻindi kuchlanishi 48 V boʻlgan 24 ta ketma-ket ulangan elektr energiyasini akkumulyatsiya qilish tizimi, elektr hisoblagichi, SMA Energy meter va distansion boshqarish uskunasidan tashkil topgan.



18.2- rasm. 20 kVt quvvatli FES energetik boshqaruv bloki va nazorat qurilmalari

Shuningdek uning tarkibiga yana Wi-Fi-Router, quyoshli uy regulyatori (Sunny Home Manager) va ma'lumotlarni taqdim etish uchun monitor kiradi.

FEP Germaniyada tayyorlangan bo'lib FIK 19% li kremniy monokristali asosidagi 60 ta ketma-ket ulangan quyosh elementlaridan iborat. Sky (AR) 290 Vt quvatdagi FEP xarakteristikalarini va parametrlari to'g'risidagi ma'lumotlar uning pasportida aks etgan:

Standart test sharoitida (STC) uning elektrik xarakteristikalarini quyidagicha olingan (Quyosh nurlanishi oqim zichligi 1000 Vt/m^2 , FEPning harorati $T=25^{\circ}\text{C}$ va atmosfera massasi AM 1,5 ga teng). Mos keluvchi ma'lumotlar 1 jadvalda keltirilgan.

Standart test sharoitida FEP elektrik xarakteristikalarini

18.1 jadval

Qisqa tutashuv toki $I_{k.z.}$	Salt yurish kuchlanishi $U_{x.x.}$	Nominal quvvatdagi tok $I_{n.m.}$	Nominal quvvatdagi kuchlanish $U_{n.m.}$	Tokning maksimal qiymati I_{max}
9,6 A	39,8 V	9,1 A	32,2 V	18 A

Hamma FEP havo oqimi sirkulyatsiyasi hisobiga ularning sovutilishi ta'minlanadigan maxsus statsionar konstruksiyalarda o'rnatilgan. FEP maksimal energiya ishlab chiqarishi uchun fotoelektrik batareyalarning frontal yuzasi janubga tomon qiyalatib quyosh nurlanishi oqimining tushishiga perpendikulyar joylashishi lozim. Odatda FEP tayanch konstruksiyasida yiliga uch xil holatda o'zgartiriladigan qilib tavsiya etiladi. ToshDTU Energetika fakulteti binosining tomida FES yozgi holat uchun (gorizontga - 20° qiya burchak ostida) joylashgan, shu sababli yil davomida fotoelektrik batareyalar nisbatan kam miqdorda elektr energiya ishlab chiqaradi.

Fotoelektrik modullarning qiyalik burchagining o'zgarishini ko'zda tutmagan tizimlar uchun yil davomida maksimal energiya ishlab chiqarish modullar hududning kenglik burchagini hisobga olib (Masalan, kenglik Toshkent sh. - $41,26405^{\circ}$) o'rnatilganda amalga oshirish mumkin.

20 kVt quvvatga ega FES ikkita turdagi invertorlar bazasida qurilgan bo'lib yuqori ishonchlilik va samaradorlikni ta'minlaydi. Sunny Island markasidagi akkumulyator invertori akkumulyator batareyalarini zaryadlashda ishonchli hisoblanadi. Sunny Tripower tarmoq invertori ikkita MPPT-trekerdan tashkil topib elektr tarmog'iga ulangan holda FES

ishlab chiqarayotgan doimiy tokni uch fazali o'zgaruvchan tokka o'zgartiradi va elektr ta'minotining tarmog'iga uzatadi. Sunny Tripower markali invertor faqat sifatli fotoelektrik batareyalar, ya'ni qo'llanilish sinfi A, IEC 61730 standartidagi va himoya sinfi II bo'lganda foydalanish mumkin.

Sutkaning kunduz vaqtida elektr tarmog'ida kuchlanish mavjudligida FES tarmoq invertor orqali iste'molchilarni (Sontrollable loads) elektr energiyasi bilan ta'minlaydi. Agar yuklanma fotoelektrik batareyalar ishlab chiqarayotgan energiyadan kamroq energiyani iste'mol qilsa ortiqcha elektr energiyasi akkumulyatorlarni zaryad qilish uchun yo'naltiriladi, to'liq zaryadlanib bo'lingandan so'ng lokal elektr tarmog'iga uzatiladi. Agar yuklanma fotoelektrik batareyalar ishlab chiqarayotgan energiyadan ko'p energiya iste'mol qilsa, kerakli energiya lokal elektr tarmog'idan olinadi. Lokal elektr tarmog'ida uzilishlar bo'lganda (avariya holatlarida) akkumulyator invertorlari elektr energiya uzatishni akkumulyatsiya tizimidan ola boshlaydi, bunda tarmoq invertori uchun tayanch kuchlanishni shakllantirib beradi. FES dan olinadigan energiyaning ortiqcha qismi akkumulyator zaryadlangan holatida akkumulyator invertori akkumulyatoridagi kuchlanish ma'lum chegaraga tushmaguncha tarmoq invertorini o'chirib qo'yadi.

Ushbu strukturadan avtonom energetik tizimlarni loyihalashda ham foydalanish mumkin, lekin bu holatda akkumulyator invertorining quvvati yuklamaning to'liq quvvatigacha ko'tarilishi zarur.

FES ning Sunny Home Manager deb nomlangan maxsus qurilmasi bo'lib u yordamida tizimning parametrlari nazorati va monitoring amalga oshiriladi, qisman akkumulyator invertorlarining parametrlarini distansion boshqarishni ta'minlaydi. Elektr tarmog'idan va FES ishlab chiqarayotgan elektr energiyasini qayd etish uchun elektron hisoblagich xizmat qiladi. Xizmat ko'rsatilayotgan xavfsizlikni ta'minlash uchun tizimning bosh elektrik zanjiriga avariya holatlarida tarmoqning uzilishini ta'minlaydigan avtomatik uzib ulagich o'rnatilgan.

SMA Solar Technology AG kompaniyasining mahsulotlari haqida batafsil ma'lumot olish, qurilmalarning texnik xarakteristikalari haqida kompaniya saytida tanishish mumkin (SMA Solar Technology AG – URL: www.SMA.de).

Bunday FES lar energetikaning global muammolari va lokal energetik vazifalarni yechish uchun foydalanish mumkin. 20 kVt quvvatli FES

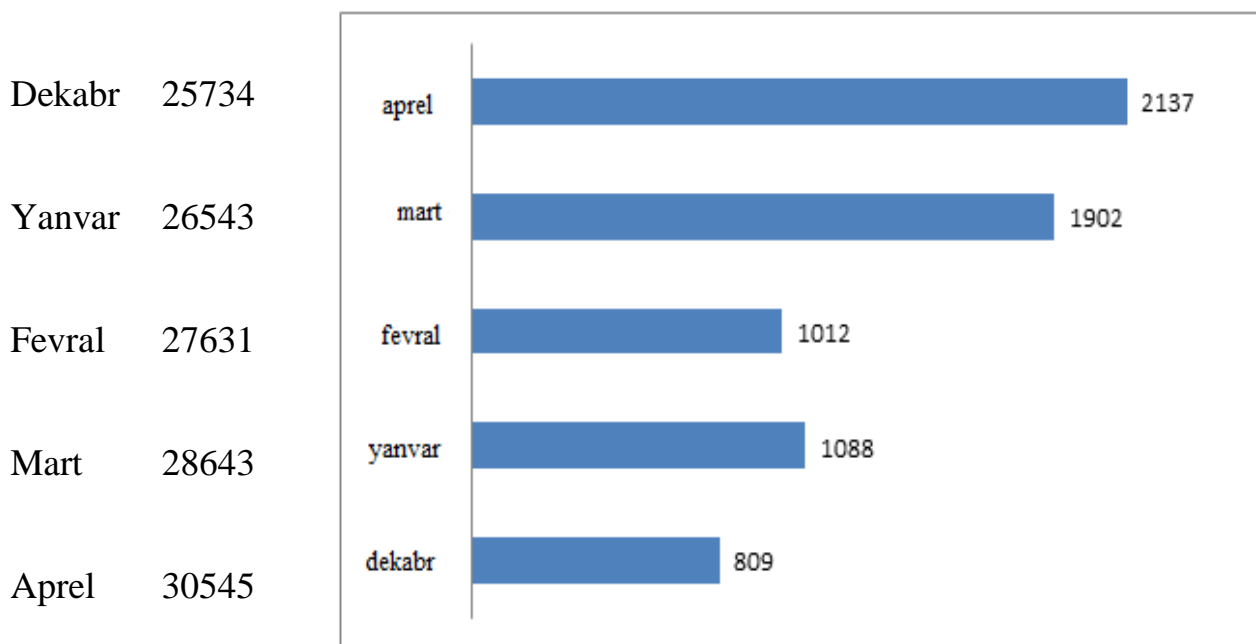
Energetika fakultetining lokal elektr tarmog‘iga parallel ulangan bo‘lib ishlab chiqarilgan energiya fakultet elektr tarmog‘iga uzatilmoqda.

FES ishlab chiqargan elektr energiyasi, akkumulyatsiyalangan energiya, iste‘mol qilingan elektr energiya elektr hisoblagichida qayd etilib so‘ngra “Elektronika va avtomatika” fakulteti binosi kirish qismidagi monitorga uzatiladi.



18.3-rasm. FES sutkalik va oylik parametrlarini tasvirlash uchun monitor

Maxsus dastur yordamida ekvivalent holda an’anaviy yoqilg‘i resurslarini tejashni hisoblab beradi. Masalan (o‘tin, ko‘mir va mazut), shuningdek zaharli gaz SO₂ chiqindilarini oldini olishni aniqlab beradi.



18.4-rasm. FESning elektr energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari (oyiga kVt*soat).

Elektron hisoblagich yordamida FES texnik ko'rsatkichlarini davriy ravishda yozib olinganda quyidagi natijalar olindi. Monitoring natijalari (18.4-rasm) 2017 yil dekabrda 2018 yil maygacha amalga oshirildi.

18.4-rasmdan va FES ish monitoring tahlillaridan ko'rinib turibdiki, FEP yuzasiga tushayotgan quyosh radiatsiyasining ortishi bilan elektr energiyasi ishlab chiqarish ortmoqda. Bir vaqtda FES elektr energiya ishlab chiqarishi ko'rsatkichining kichikligi Toshkent shahri hududida atmosfera tarkibidagi changlanganlik konsentratsiyasining yuqoriligi, Quyoshni kuzatish tizimlarining yo'qligi (trekerlar), yoz oylarida atrof muhit haroratining yuqori ko'rsatkichining ta'siri hisoblanadi.

Ta'kidlab o'tish kerakki, stansiyaning ish rejimi haqida batafsil ma'lumot olish uchun kamida bir yil davomida monitoring kuzatish ishlarini olib borish kerak.

Ushbu FES stansiyaning ish holatini baholash, optimallashtirish va ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish uchun eksperimental tajribaviy va namoyish majmuasi, shuningdek kelgusida lokal tarmog'i bilan integrallashgan FES larni loyihalash jarayonlari va qurish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Talabalar laboratoriya mashg'ulotida FEP frontal yuzasiga tushayotgan quyosh nurlanishining optik quvvatini, atrof-muhit haroratini, FES tizimining umumiy kuchlanishini, quvvatini, tokini aniqlaydilar va 18.2-jadvalni to'ldiradilar.

18.2-jadval

	Vaqt inter- vali (min)	Quyosh radiatsiya si Vt/m^2	Atrof-muhit harorati $^{\circ}S$	FES umumiy kuchlanish (V)	FES umumiy tok (A)	FES umumiy quvvat Vt
1						
2	10					
3	20					
4	30					
5	40					
6	50					
7	60					
8	70					
9	80					

Hisobotlarni tayyorlash

1. Berilgan laboratoriya ishiga zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.
3. Lokal elektr tarmog'iga parallel ulangan FES ning ish jarayoni va uning prinsipial sxemasini chizing.
4. Tajriba natijalari bo'yicha 18.1-jadvalni to'ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari:

1. Lokal elektr tarmog'iga parallel ulangan FES haqida nimalarni bilasiz?
2. Lokal elektr tarmog'iga parallel ulangan FES parametrlariga salbiy ta'sir etadigan omillarni bilasizmi?
3. Lokal elektr tarmog'iga parallel ulangan FES dagi elektr energiya yo'qotishlari haqida fikringiz?
4. "Tarmoq" invertori, akkumulyator invertorlar, AFES uchun invertorlarning bir biridan farqli jihatlarini ayting?

Foydalanilgan asosiy darsliklar va o‘quv qo‘llanmalar ro‘yxati

1. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнетсова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика// Учебное пособие для Вузов-Москва: Идателский дом МЕИ, 2008.
2. Попел О.С., Фортов В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире//Учебное пособие-Москва: Идателский дом МЕИ.2015
3. Mukurjee A.K., Nivedita Thakur Photovoltaic Systems, analysis and design,2014/Dehli.
4. Арбузов Ю.Д, эвдокимов В.М.. Основы фотоэлектричества. \- М.: Наука, 2007. С.258
5. Фалеев Д.С Основные характеристики солнечных модулей // Методическая указания. -Хабаровск:Издательство ДВГУПС. 2013 С.28
6. Обухов С. Г Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых энергоресурсов.\Учебное пособие. Издательство Томского политехнического университета. 2008. С.140
7. Yuldoshev I.A., Saitov e.B. Quyosh panellarini o‘rnatish, sozlash va ishlatish. O‘quv qo‘llanma. –Toshkent: Noshir nashriyoti, 2017.
8. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. -М.: энергоатомиздат,1991.С 208.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. Колтун М.М. Солнце и человечество.- М.: Наука, 1981.
2. Афанасев В. П., Теруков э. И., Шерченков А. А Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния. Санкт-Петербург: СПбГЕТУ «ЛЕТИ», 2011.
3. Gremenok V.F., Tivanov M. S., Zalesski V.B Solar cells based semiconductor materials// International Scientific Journal for Alternative energy and ecology – 2009 – Vol.69. №1. – P. 59-124
4. Юлдашев И.А. Комбинированные энергоустановки на основе фотоэлектрических батарей из кристаллического кремния. диссертация на соискание учено степени доктора технических наук. ФТИ, НПО Физика-Солнце АН РУз. 2016. С.

Elektron resurslar

1. <http://alternativenergy.ru>
2. <http://www.energy-bio.ru>
3. www.viecosolar.com
4. www.unisolar.com.ua
5. www.solarvalley.org
6. www.polpred.com
7. www.hitech.compulenta.ru
8. www.solar.newtel.ru

Mundarija	Bet
Kirish.....	3
1-laboratoriya ishi	
Paraboloid turdagi kichik quyosh konsentratorining ish jarayonini o‘rganish.....	5
2-laboratoriya ishi	
Paraboloid turdagi kichik quyosh konsentratorining ish jarayonini o‘rganish.....	10
3-laboratoriya ishi	
Passiv quyosh suv isitgichlarining ish jarayonini o‘rganish.....	14
4-laboratoriya ishi	
Aktiv quyosh suv isitgichlarining ish jarayonini o‘rganish.....	18
5-laboratoriya ishi	
Quyosh nurlanishi oqim zichligini o‘lchash qurilmalari ish jarayonini o‘rganish.....	23
6-laboratoriya ishi	
Quyosh nurlanishining tushish burchagini aniqlash uskunasining ish jarayonini o‘rganish.....	30
7-laboratoriya ishi	
Quyosh elementlarining (1-4 vt) volt-amper va volt-vatt xarakteristikasini o‘rganish.....	37
8-laboratoriya ishi	
Quyosh fotoelektrik modulining volt-amper va volt-vatt xarakteristikasini o‘rganish.....	42
9-laboratoriya ishi	
Quyosh fotoelektrik modulining harorat rejimlarini tadqiq qilish.....	50
10-laboratoriya ishi	
Quyosh fotoelektrik modulining harorat rejimlarini tadqiq qilish.....	55
11-laboratoriya ishi	
Quyosh batareyalarini ketma-ket ulash.....	59
12-laboratoriya ishi	
Quyosh batareyalarini parallel ulash.....	63

13-laboratoriya ishi	
Avtonom fotoelektrik qurilmaning ish jarayonini o'rganish.....	68
14-laboratoriya ishi	
Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmaning ish jarayonini o'rganish.....	82
15-laboratoriya ishi	
Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmaning ish jarayonini o'rganish.....	88
16-laboratoriya ishi	
Vakuumbali quyosh kollektorining ish jarayonini o'rganish.....	95
17-laboratoriya ishi	
Yassi quyosh kollektorining issiqlik samaradorligini aniqlash.....	103
18-laboratoriya ishi	
Lokal elektr tarmog'iga parallel ulangan 20 kv quvvatdagi fotoelektrik stansiyaning ish jarayonini o'rganish.....	107
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.....	114

Tuzuvchilar: **Yuldoshev I.A., Shog‘uchqarov S.Q., Jamolov T.R.,
Gafurov D.S., Qarshiyeva N.H., Jurayeva Z.I.**

QUYOSH ENERGETIKASI

fanidan laboratoriya ishlarini bajarishga oid

uslubiy ko‘rsatmalar

Muharrir: Sidikova K.A.

Musohhih: Tashpulatova SH.