

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
FIZIKA-TEXNIKA INSTITUTI



«TASDIQLAYMAN»

Prorektor: G.O. Zaripov
2024-yil



«TASDIQLAYMAN»

Direktor: X.N. Olimov
2024-yil

**QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANISHNING
ENERGETIK TIZIMLARI VA QURILMALARI**

fanidan laboratoriya ishlarini bajarishga oid

USLUBIY KO'RSATMALAR



Toshkent-2024

“Quyosh energiyasidan foydalanishning energetik tizimlari va qurilmalari” fanidan laboratoriya mashg‘ulotlarini bajarishga oid uslubiy ko‘rsatmalar. M.N. Tursunov, S.Q. Shog‘o‘chqorov, B.M. Botirov - Tashkent: TDTU.2024. 89 b.

Uslubiy ko‘rsatma o‘quv rejasidagi “Quyosh energiyasidan foydalanishning energetik tizimlari va qurilmalari” fani bo‘yicha ToshDTU ning 70710411-Muqobil energiya manbalari magistratura mutaxassisligining laboratoriya mashg‘ulotlarini bajarish uchun mo‘ljallangan.

Bu uslubiy ko‘rsatmalarda “Quyosh energiyasidan foydalanishning energetik tizimlari va qurilmalari” 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:

X. Sabirov	Fizika-texnika instituti katta ilmiy xodimi, t.f.d., professor.
------------	---

Ayupov Q.S.	ToshDTU “Raqamli elektronika va mikroelektronika” 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'lum 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 etib kelib qon-qonimizga singib ketgan, chunki uzoq tumanlarimizda hanuzgacha quyosh energiyasidan mevasabzavotlarni quritishda, qishga chorva mollari uchun em-xashaklarni 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 ob'ektlaridagi 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 ($15100 \text{ million m}^3$) dan faqatgina issiq suv ta'minoti uchun 3000 million m^3 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.

Evropa 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 oyi 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”, “Intelлект Dialog”, “Chigatay Invest”, “Solar Energy Products”, “Solar Plus”, “Hi-Tech Solar”, “Nova Engineering” MCHJ kabi o‘nlab korxonalar faoliyat yuritayapti. 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 etkazib berilayapti.

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 tavsiyalar, qisqacha nazariy ma’lumot, ishni bajarish tartibi, olingan natijalarni hisoblash usullari haqida ma’lumotlar aks etgan.

LABORATORIYA ISHI №1

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 asboblarda bajaradi, yana ularni radiometrlar deb atashadi: piranometrlar - gorizontall 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 - er 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 asboblarning 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 Er 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 o'rtasidagi yuzaga kelgan harorat farqi unga to'g'ri proporsional bo'lgan elektr yurituvchi kuchini hosil qiladi. Aktinometrik asboblarni sezgirligi har bir asbob uchun alohida o'ziga xos, shuning uchun har bir radiometr o'zini

alohida maxsus kalibrlash koeffitsientiga ega, bir xil modeli asboblari uchun ham bu o'rinlidir. Aytish joizki, radiometrlarning qora qoplamalarini spektral sezgirlik 2% kamroq, yoki boshqacha aytganda, radiometrlarning spektral oralig'ida har bir to'liq uzunligi uchun qoplamaning yutishi bir xil va 2% aniqlikda bo'ladi.

Amaliyotda eng ko'p qo'llanishga ega piranometrlar, yuqorida aytib o'tganimizdek, ular yig'indi (global) va yoyilgan (diffuz) quyosh radiatsiyasini o'lchaydi. Quyosh stansiyalarining va boshqa gelioqurilmalarning aksariyat qismi yig'indi va yoyilma radiatsiyadan foydalanadi, ya'ni piranometrlar o'lchov natijalarining iste'molchilari hisoblanadi. 1-rasmda piranometrlarning tashqi ko'rinishi tasvirlangan. Piranometr termobatareyali golovkadan, yarim sferik shisha qalpoqdan, shtativ, quritma va soya qiluvchi ekrandan iborat. Zamonaviy piranometrlarda kvars shishasidan qilingan qalpolardan foydalaniladi, chunki shisha quyosh radiatsiyasining ma'lum qismini yutadi. Piranometrlar ko'rsatkichlariga atmosfera ta'sirini yo'qotish uchun zamonaviy piranometrlarda ikkita kvars qalpokdan foydalaniladi. Ma'lumki, o'lchov asbobini qabul qiluvchi yuzasi va korpusi orasidagi harorat farqi kichik manfiy chiquvchi signal paydo qiladi, ko'pincha bu noldan siljish deb ataladi. Bu effekt ichki qalpoqdan foydalanish hisobiga minimumga keltiriladi. Oxirgi vaqtda yuqorida aytilgan effektning kamaytirish uchun asboblarda ventilyasiyadan foydalaniladi, hamda sezgirlikka tuzatish kiritish imkonini beruvchi, ichki xarorat datchig'i bor bo'lgan passiv elektr kompensatsiya sxemalari o'rnatiladi.

1-jadvalda ba'zi piranometrlarning asosiy texnik xarakteristikalarini keltirilgan.

1-jadval.

№	Texnik xarakteristikalarini	Asbob turi		
		M-80, Rossiya	SMR 6, Niderlandiya	SM21, Niderlandiya
1	Spektral oralig'i	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

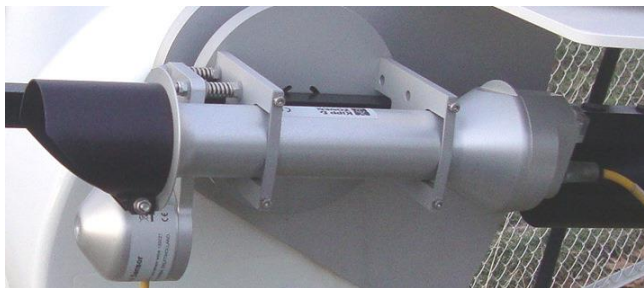
Amaliyotda turli xil piranometrlardan foydalaniladi, yuqorida ko'rsatilganlardan tashqari, Zontaga, EKO, Mollya-Gorchinskiy, SR-75, Bellani kabilar mavjud. Biroq, Butun jahon Metrologiya Tashkiloti (BMT) radiatsiya ma'lumotlari markazi ma'lumotiga asosan Kipp and Zonen kompaniyasi piranometrlari eng ko'p foydalaniladi. O'zR FA Materialshunoslik institutida ham Kipp and Zonen kompaniyasining 2 ta SM21 piranometrlaridan va 1 ta SN1 pirgeliometridan foydalaniladi.

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 nochiziqli 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 yuli 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 pirgeliometrlarga to'xtalib o'tamiz. Aktinometrlar va pirgeliometrlarni 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 pirgeliometri ko'rsatilgan.



1-rasm a) Aktinometr AT-50



1-rasm b) Kipp and Zonen kompaniyasi SN1 pirgeliometri

Quyosh radiatsiyasini qabul qiluvchi moslamalar aktinometr va pirgeliometr trubkalarida joylashgan. Diafragmalari bor trubka qabul qilgichni shamol va yoyilma radiatsidan himoya qiladi. Asboblarning 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 kvars 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.

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

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	Termobatareya 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 qoidaga 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 Er 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, IIqulsa, 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, er shari iqlimi sinflanishini tavsiflash, insoniyat va boshqa hayot faoliyati uchun kerakli o'simliklarni etishtirishni rejalashtirish va rayonlashtirish uchun qishloq xo'jaligini bioiqlimshunosligi va agroiqimshunosligini 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 kismlari yo'q, 12 V o'zgarmas tok manbaida ishlaydi. CSD asbobi shular bilan birgalikda muzlashdan, qor yopishib qolishdan, shudring tushishdan himoya qiladigan o'zida

oʻrnatilgan isitgichi mavjud. Mazkur asboblarni kompyuter yoki maʼlumotlarni yigʻuvchi boshqa turdagi tizimlarga osongina ulanadi.

SD - quyosh datchigi energetik yoritilganligining oʻzgartirish diapazoni turiga qarab 0,01 dan 1,3 kVt/m² gacha tashkil etadi. Maʼlumki, quyosh nurlanishining Er atmosferasiga etib keladigan zichligi oʻrtacha 1,367 kVt/m². Bu kattalik quyosh doimiysi deb ataladi. Oldin taʼkidlanganidek, quyosh nurlanishi atmosfera qatlamidan oʻtayotganda oʻz qiymatini maʼlum miqdorga yoʻqotadi. Aslida bulutsiz kunda Er yuzasiga etib kelgan quyosh oqimi, geografik kenglik, uzoqlik, dengiz satxidan balandlik va yilni hisobga olib koʻpincha 700 dan 1300 Vt/m² gacha oraligʻda boʻladi.

Ishni bajarish tartibi: aktinometr AT-50, PL-110SM Solar-Meet va etalon quyosh elementlari yordamida quyosh toʻgʻri radiatsiyasini oʻlchash bevosita tabiiy ochiq havoda olib boriladi. Natijalar asosida 3-jadval toʻldiriladi.

3-jadval

No	Vaqt intervali (min.)	Aktinometr AT-50 yordamida quyosh radiatsiyasini oʻlchash (Vt/m ²)	PL-110SM Solar-Meet qurilmasi yordamida quyosh radiatsiyasini oʻlchash (Vt/m ²)	Etalon quyosh elementlari yordamida quyosh toʻgʻri radiatsiyasini oʻlchash (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 boʻlgan maʼlumotlarni koʻrib chiqish.
2. Ishning nomi va uning maqsadi.

3. Majburiy sirkulyasiyaga ega ikki konturli termosifon tizimning ish jarayonining yoritib bering.
4. Mavzuga oid jahon adabiyotlari bilan tanishish. Ikki konturli majburiy sirkulyasiyali termosifon tizimning issiqlik ta'minotidagi o'rni. 3-jadvalni to'ldirish.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari

1. Majburiy sirkulyasiyaga 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?

LABORATORIYA ISHI №2

QUYOSH NURLANISHINING TUSHISH BURCHAGINI ANIQLASH USKUNASINING ISH JARAYONINI O'RGANISH

Ishdan maqsad

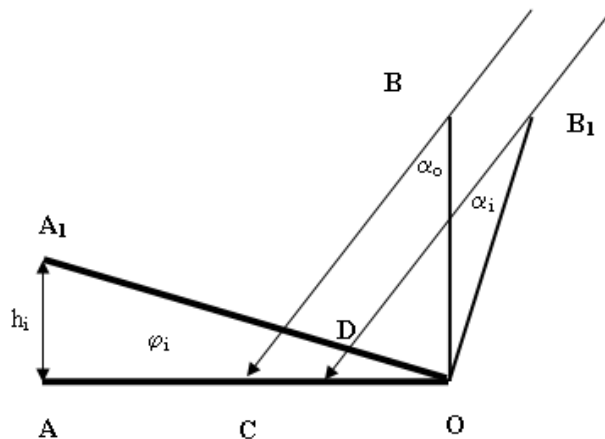
1. Quyosh nurlarining ixtiyoriy qabul qilgich yuzaga tushayotgan burchagini maxsus laboratoriya stendi yordamida aniqlash.
2. Quyosh nurlari tushish burchagini Visual Basic dasturida yaratilgan interfeys yordamida aniqlash.
3. Gelioqurilmalarning gorizontga nisbatan og'ish burchagini aniqlash.

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 boshkaruv bloki bo'lgan Quyosh holatini kuzatuvchi tizim qo'llaniladi. Quyosh holatini kuzatuvchi tizim narxi ancha yukori va undan foydalanishga qo'shimcha xarajatlar talab kiladi. 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 aniklash 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 kilingan.

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 chizikka aylansin.



1.rasm. Quyosh nurining gorizont va gorizontga nisbatan kiya maydonchaga φ burchak ostida tushish sxemasi.

Vertikal chizgich soyasi uzunligi buyicha α_o qesh nurini tushish burchagi aniklanadi va I_{sc} qisqa tutashuv toki, U_{xx} salt yurish kuchlanishi o'lchanadi. Maydonchani tekisligi h_i balandlikga kutariladi, **BO** vertikal chizgichni L_i soya uzunligi va J_{sc} kiska tutashuv toki o'lchanadi. h_i balandlikni Δh o'lchamga oshirib, vertikal chizgich 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 buyicha α_i va φ_i burchaklarni hisoblab chikamiz.

$$\alpha_i = \arctg \frac{L_i}{H} \quad (1)$$

$$\varphi_i = \arcsin \frac{h_i}{S} \quad (2)$$

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

$$\alpha_0 = \alpha_i + \varphi_i \quad (3)$$

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

$$\cos \alpha_0 = A \sin \delta + (B + C) \cos \delta \quad (4)$$

bu erda,

$$\begin{aligned} A &= \sin \varphi \cos \beta - \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma \\ B &= \sin \beta \cos \gamma \sin \omega \end{aligned} \quad (5)$$

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

$$\delta = 23.5 \sin \left(\frac{2\pi(284 + n)}{365} \right) \quad (6)$$

$$\omega = \frac{\pi}{12} (t - 12) \quad (7)$$

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



2-rasm. Quyosh nurlanishining tushish burchagini aniklash bo'yicha laboratoriya stendi

ТАШКЕНТ: Широта 41,26465 град.

Время измер. час: 11 мин: 0

Часовой угол: -15

Дата измер. день: 25 мес: 10

Склонение: -13,12

Широта: 41.26465

Угол наклона: 0

Азимут: 0

Угол падения: 56,13

Вычислить Запись в файл

Выход

3-рasm. Quyosh nurlanishining tushish burchagini aniklash bo'yicha dastur interfeysi

Tayyorlangan o'lchov stendi yordamida test o'lchovlari o'tkazildi (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 ochik havo kunida o'tkazildi. O'lchov stendining ikki holati buyicha quyosh nurining tushish burchagi aniklanadi.

O'lchash natijalari quyidagi jadvalda to'ldirilsin.

1-jadval

Sana	Vakt	Soya uzunligi, sm	Kutarilish balandligi, sm	α_0		φ_0
				Xisoblash	Tajriba	Tajriba

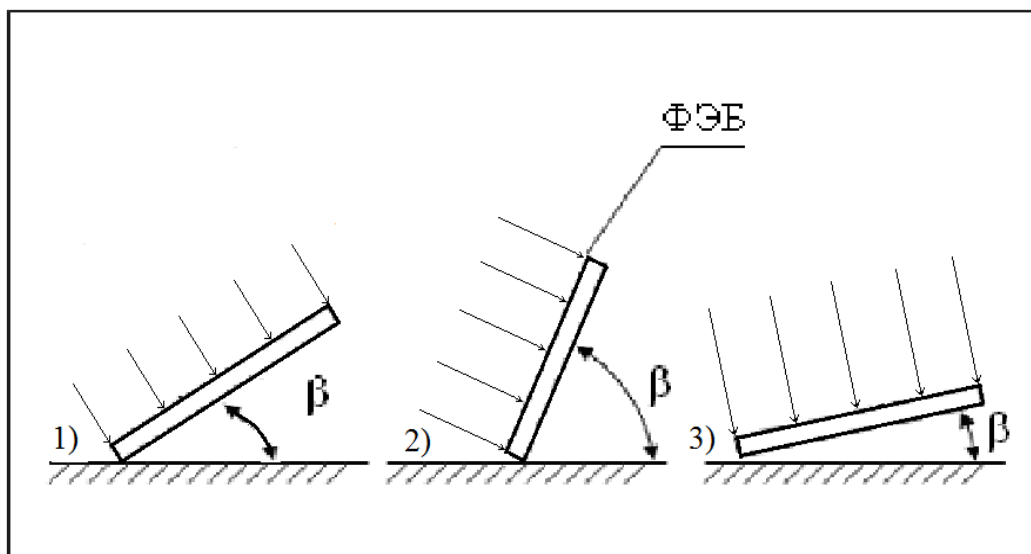
--	--	--	--	--	--	--

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 gorizonttal 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 Er sathidan ma'lum bir masofada ko'tarilib turishi lozim. Bu qurilma ostida qilingan fazo erkin havo sirkulyasiyasi 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.



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:

$$\beta_0 = \varphi - \delta_0 \quad (8)$$

bu φ - hududning geografik kengligi, 0 ; δ_0 - berilgan oy uchun Quyoshning og'ish burchagi, 0 .

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

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right) \quad (9)$$

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

(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.

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 o'yg'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 insolyasiya miqdorini bilib dekabr va yanvar oylari uchun minimal quyosh nurlanishi energiyasini topamiz. Bu ikki oy davomida Quyosh og'ishi (analemma ko'rsatkichi bo'yicha) $17,5^0$ dan $-23,5^0$ gacha tashkil etadi. O'rtacha og'ish burchagi kattaligi bu burchaklarning o'rtacha arifmetik kosinuslari orqali aniqlanadi:

$$\cos \delta_{cp.} = \frac{\cos(-17,5^0) + \cos(-23,5^0)}{2} \quad (3), \text{ bu erdan } \sin \delta_{sr.} = -20,7^0. \text{ Unda}$$

Toshkent shahrida qish mavsumi uchun optimal qiyalik burchagi quyidagicha:

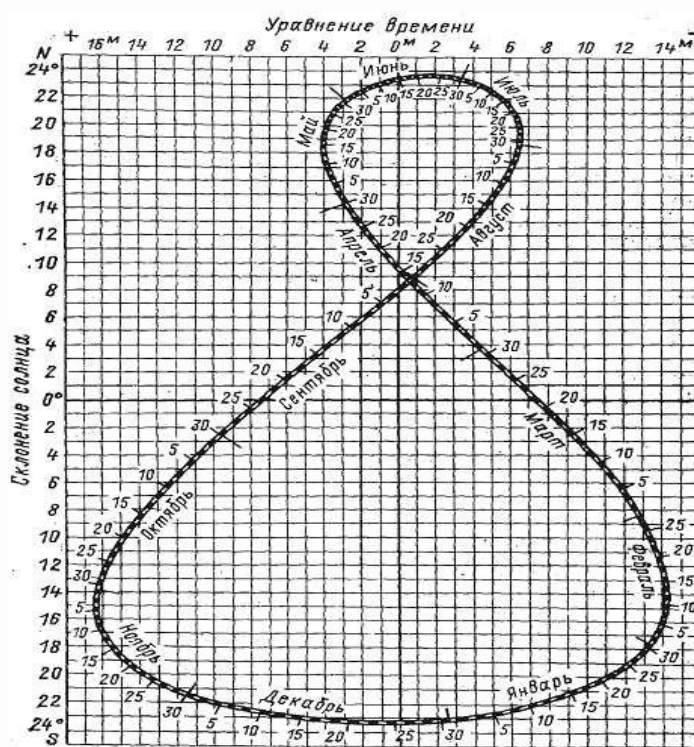
$$\beta_0 = 41^0 - (-20,7^0) = 61,7^0 \quad (4)$$

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

$$\cos \delta_{cp.} = \frac{\cos(23,5^0) + \cos(18,5^0)}{2}; \quad (5), \text{ bu erdan } \sin \delta_{sr.} = 21,1^0. \text{ YOz mavsumi}$$

uchun optimal qiyalik burchagi quyidagiga teng;

$$\beta_0 = 41^0 - 21,1^0 = 19,9^0 \quad (6)$$



5-rasm. Analemma

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

3-jadval

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

O‘zbekistonning qolgan hududlari uchun ham FEB o‘rnatishning optimal qiyalik burchagini aniqlang. Masalan, Samarqand viloyati uchun natijalarni 4 jadvalda keltiring. Samarqand viloyatining geografik kengligi $39^{\circ}39'15''$ ga teng.

4 jadval

Oy											
Gorizontal qiyalikka nisbatan FEB optimal o‘rnatish 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?

LABORATORIYA ISHI №3

QUYOSH ELEMENTLARINI 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 doimiyliigi yiliga 2800 soatni tashkil etadi. Janubiy mintaqalarimizda bu mikdor 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‘pdarajali 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 (1-rasm).

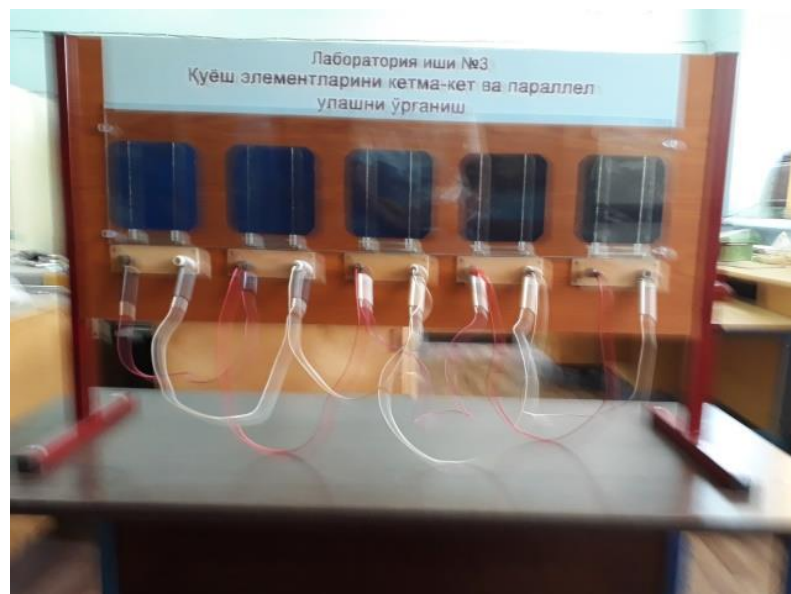
$$U_{um.} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + \dots + U_n$$

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

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 (2-rasm).



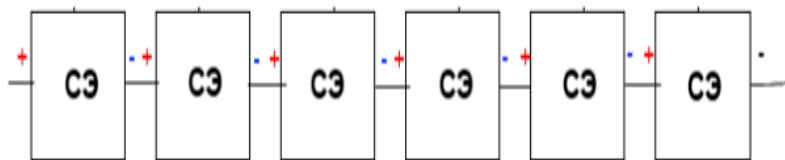
1-Rasm. Quyosh elementlarini ketma ket va parallel ulash uchun tajriba stendi

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.



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 kiymatga ega bo'lsa, butun zanjirdagi tok kuchiga ekvivalent buladi 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 (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

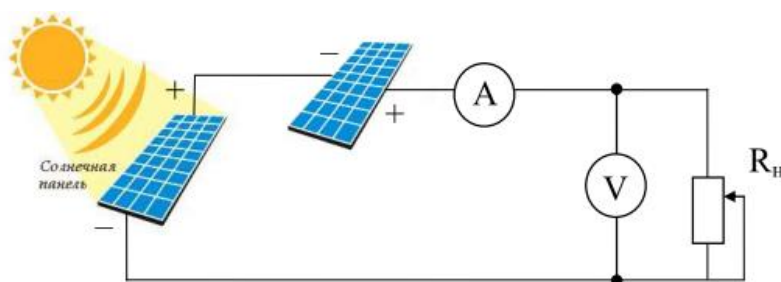
1-bosqich. Quyosh elementlarini yig'ish usullarini o'rganish

Quyosh elementlari va modullarini yig'ish usullarini o'rganishda qo'shimcha adabiyotlardan va qisqacha berilgan malumotdan foydalanish. Ularning qo'llanilish sohalarini, kamchiligi va mutanosiblik jihatlarini o'rganish.

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

1-Jadval

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



1-rasm bo'yicha ketma-ket ulangan quyosh fotoelektrik batareyalarning yig'ish sxemasi

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

I, A						
U, B						
P, B_T						

Nazorat savollari

1. Quyosh nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi) va uning energiyasidan Er 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?

LABAROTORIYA ISHI №4

QUYOSH ELEMENTLARINI PARALLEL ULASH

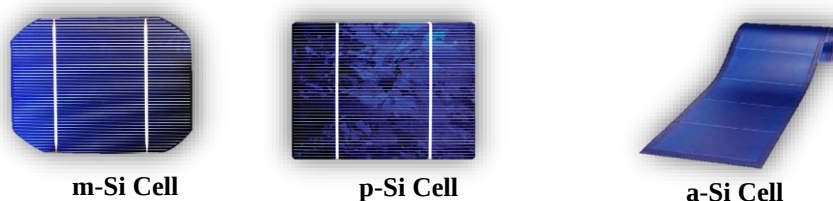
Ishdan maqsad

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

Qisqacha nazariy ma'lumot

Quyosh elementlari (angl. **Solar cell**)- quyosh optik nurlanishini to'g'ridan to'g'ri elektr energiyasiga o'zgartiruvchi yarimo'tkazgichli

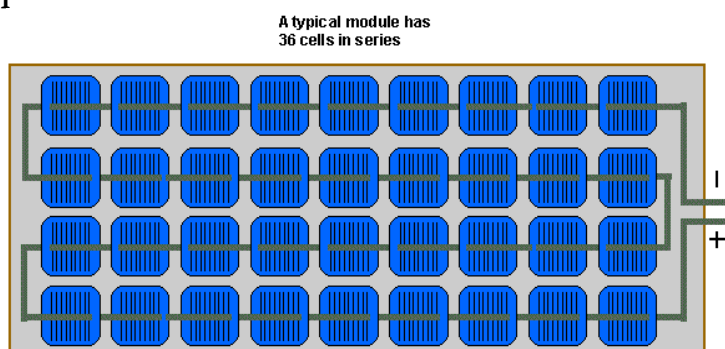
materiallar hisoblanadi. Quyosh elementlari doiraviy, psevdokvadrat, kvadrat yoki to'g'ri to'rtburchakli shaklda bo'ladi. Psevdokvadrat quyosh elementining standart o'lchamlari: $100 \times 100 \text{ mm}^2$, $125 \times 125 \text{ mm}^2$, $156 \times 156 \text{ mm}^2$, $210 \times 210 \text{ mm}^2$ 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.



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.



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.

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

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

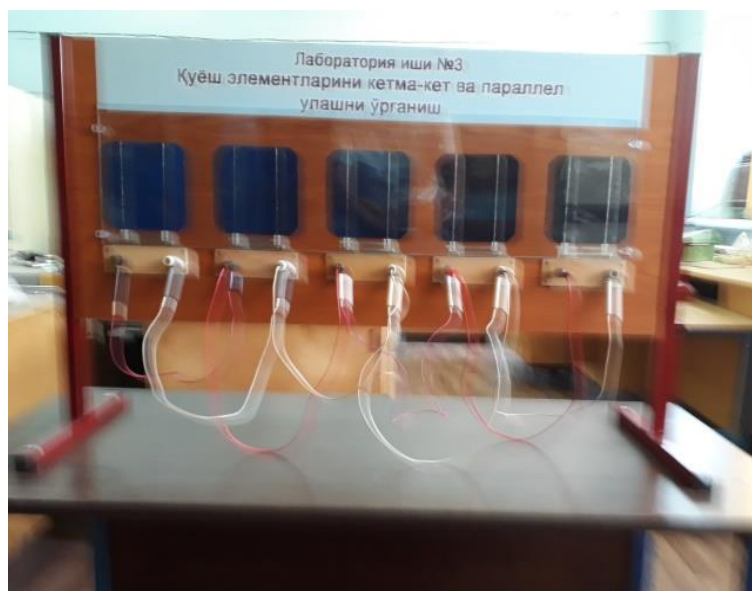
Quyosh fotoelektrik batareyasining pik quvvati quyidagi ifodadan topiladi.

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

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 echish kerak bo'ladi.

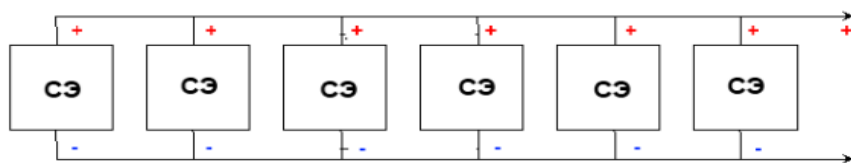
1. Quyosh nurlanishi atmosfera holatiga va uning vaqt davomida tez o'zgarishiga olib kelganligi uchun, uning spektral tarkibini va quvvatini aniq o'lchash kerak .
2. Birinchi punktni hisobga olgan holda aniq quyosh xarakteristikasini qaytara oladigan imitatorlar (quyoshdan tarqalayotgan optik nurlariga 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 $\eta = \frac{I_n \cdot U_n}{100\% / E_{tush.}}$ S formuladan aniqlash mumkin (S-QE yuzasi, sm^2 larda olinadi).



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 kiymatga 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.



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

1-bosqich. Quyosh elementlarini yig'ish usullarini o'rganish

Quyosh elemenlari va modullarini yig'ish usullarini o'rganishda qo'shimcha adabiyotlardan va qisqacha berilgan ma'lumotdan foydalanish lozim. Ularning qo'llanilish sohalarini, 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-ampere, volt-vatt xarakteristikasini qurish. Olingan natijalardan foydalanib jadvalni to'ldirish kerak.

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.

1-jadval

№	Lampa- ning yoritilganli gi (lyuks)	E (V_t / 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							

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?

LABORATORIYA ISHI №5

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 lamp (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 quyilgan.

Lampadan tarqalayotgan yorug'lik nurlari bevosita quyosh fotoelektrik moduliga perpendikulyar burchak ostida tushadi. Shtativda galogen lampani uch xil holatda modulga yunaltirish mumkin. Bu QFM dan 15 sm, 25 sm, 35 sm balandlikda amalga oshiriladi. O'zgaruvchan yuklanishlar qarshiligi $1 \div 180$ 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,

$$I_f = I_d + I \quad (1)$$

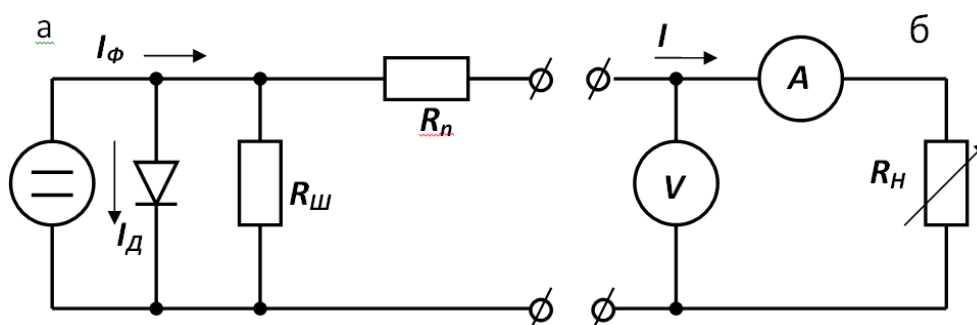
$$I_d = I_0 + \left(\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1 \right) \quad (2)$$

diodning qorong'ilikdagi xarakteristikasi, I_0 – r-n o'tishning teskari yo'nalishdagi to'yinish toki, q – elektron zaryadi, T – absolyut harorat, k – Bolsman doimiyligi, 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.



1.Rasm. QE ning voltamper xarakteristikasini o‘rganish uchun eksperimental qurilma



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 35 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 1 jadvalga yozib olinadi. Laboratoriya sharoitida QE ning lampaning 35 sm balandlikda holatida eksperiment natijasida olingan VAX, VVX grafiklari quriladi.

1-Jadval

№	Lampa -ning yoritil	Lampad an QE bo‘lgan	QE toki (A)	QE kuchla nishi (V)	QE ning nomi nal	QE ning salt yurish	QE ning qisqa tutashu	QE ning FIK (%)
---	---------------------------	----------------------------	-------------------	------------------------------	---------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------

	ganligi (lyuks)	masofa (sm)			quvv ati	kuchlan ishi (V)	v toki (A)	
1		35						
2		35						
3		35						
4		35						
5		35						
6		35						
7		35						
8		35						
9		35						

3. Galogen lampa shtativda laboratoriya stolidan maksimal balandlikka 25 sm oʻrnatiladi, lyuksmetr yordamida lampaning yoritilganligi QE sathi paralleligida oʻlchab olinadi.

4. Oʻzgaruvchan yuklanish qarshiligini oʻzgartirish orqali birinchi QE tok va kuchlanish qiymatlari 1 jadvalga yozib olinadi. Laboratoriya sharoitida QE ning lampaning 25 sm balandlikda holatida eksperiment natijasida olingan VAX, VVX grafiklari quriladi.

2-Jadval

№	Lam- pa- ning yorit ilgan ligi (lyuk s)	Lampada n QE boʻlgan masofa (sm)	QE toki (A)	QE kuchla nishi (V)	QE ning nomi nal quvv ati	QE ning salt yurish kuchlan ishi (V)	QE ning qisqa tutashu v 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 15 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 1 jadvalga yozib olinadi. Laboratoriya sharoitida QE ning lampaning 15 sm balandlikda holatida eksperiment natijasida olingan VAX, VVX grafiklari quriladi.

N	Lampaning 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								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

Tajriba natijalarini hisoblash.

1. QE ning nominal quvvati R_n quyidagicha hisoblanadi.

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

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

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

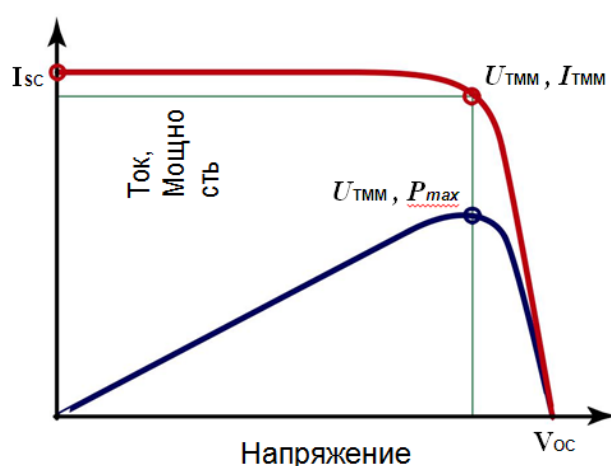
$$R_p = U_{x.x} \times I_{k.z} \times \xi - \text{QE ning pik (ideal) quvvati}$$

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 erda E_0 - Lampaning yoritilganligi (lk) $\frac{V_t}{m^2}$ 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.



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?

LABORATORIYA ISHI №6

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, shuning uchun p-n o'tish orqali ajratilib element old va orqa yuzasidagi metall kontaktlarda yig'iladi.

Quyosh elementlarini ommaviy ravishda ishlab chiqarish uchun asosiy material sifatida hozirgacha kristall kremniy hisoblanadi. Hamma quyosh elementlarining 80% dan ortig'i u asosida tayyorlangan tagliklardan iborat bo'ladi. Quyosh nurlanishini yaxshi yutish qobiliyatiga ega bo'lmasada u boshqa yarimo'tkazgich materiallarga qaraganda qator afzalliklarga ega:

- 1). Kremniy Er yuzasida kremniy oksidi shaklida keng tarqalgan.
- 2). Kremniy zararli va faol element bo'lmagani uchun atrof muhitga zarar keltirmaydi.
- 3). Mikroelektronika sanoatida kremniy texnologiyasi yaxshi o'rganilgan.

Kremniyli quyosh elementlarining amaliyotdagi samaradorligi 10-19% atrofidadir. Uning yuqori plenkalari kaskad quyosh elementlarini tayyorlashda ham ishlatiladi. Bu materiallarning kamchiligi vaqt o'tishi, 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 o'zgartirib 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 o'zgartiruvchi 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 ko'rinishidagi toza kremniy bo'lib kremniy eritmasidan sekin tortib olinib o'stiriladi. Bu jarayon CHoxralskiy qurilmasida amalga oshiriladi. Bunday usul bilan o'stirilgan kremniy sterjenlari qalinligi 0,2...0,4 mkm holatda lazer qurilmasida kesiladi, so'ngra edirish, silliqdash, tozalash jarayonidan so'ng p-n o'tish 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'qli 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 panellaridan optimal quvvat olish uchun ularning ishchi harorati 15...25 °S atrofida bo'lishi lozim, chunki maksimal quvvat olish faqat ochiq havoda, atrof muhit harorati 25°S, panellarning yunalishi 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 yunalishini 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.

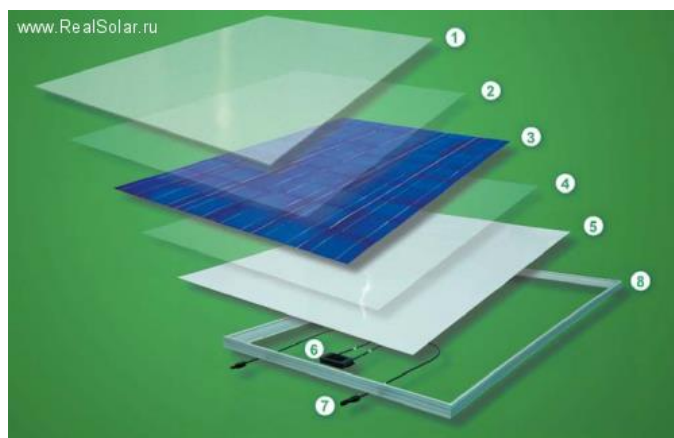
Bunday quyosh elementlarini ishlab chiqarishda o'stirish operatsiyasi bo'lmaganligi sababli ularni ishlab chiqarishda energiya iqtisodi yuqoridir va arzon hisoblanadi. Ammo polikristall kremniy strukturasi sohasida alohida kristallchalarning hosil bo'lishi sabab bunday quyosh elementlarining kichik samaradorligi 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 yunalgan quyosh nurlanishini talab qilmaydi. Ularning yil davomida ishlab chiqargan yig'indi quvvati a'nanaviy 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) yuli 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 hisoga olinadi: ($E=1000 \text{ Vt/m}^2$, fotoelektrik modul harorati - 25°S , atmosfera massasi AM1).



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 koefitsienti $\sim 92\%$ 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.

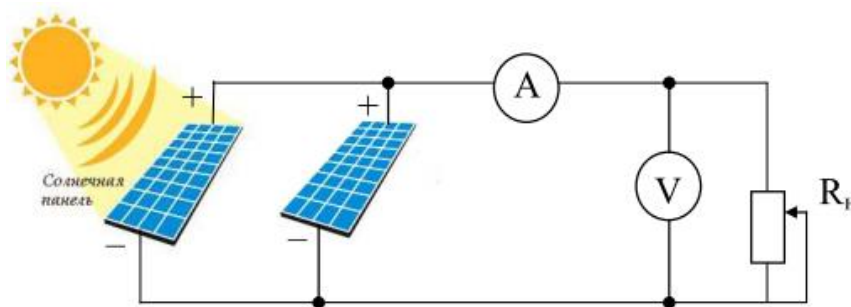
6. Himoya diodlaridan tashkil topgan klemmali quti, uning vazifasi quyosh panellarida qisman soya tushgan quyosh elementlarini o'ta qizish va ishdan chiqish oldini olish hisoblanadi. Himoya diodlarisiz elementlardan bittasi ishdan chiqib butun panel yaroqsiz holatga kelishi mumkin.

Fotoelektrik batareyalarning asosiy parametrlariga quyidagi kattaliklar kiradi: salt yurish kuchlanishi, qisqa tutashuv toki, pik (maksimal) quvvati, nominal quvvat, foydali ish koefitsienti, maksimal quvvatdagi tok, maksimal quvvatdagi kuchlanish, volt-amper xarakteristikasini to'ldirish koefitsienti, 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 voltmeter oʻrnida qoʻllash uchun), uzib ulagich, ulovchi simlar va qarshiliklar magazinidan tashkil topgan. Quyosh fotoelektrik moduli laboratoriya stolining chetki qismida joylashgan boʻlib gorizontga nisbatan 3 xil burchak holatda joylashtirish mumkin.



2-Rasm. Fotoelektrik batareyaning volt-amper va volt-vatt xarakteristikasini olish stendi.



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) oʻlchash uchun muhim oʻlchov asboblari foydalaniladi.

Quyosh fotoelektrik modulining standart test sharoitida asosiy texnik koʻrsatkichlari 1-jadvalda koʻrsatilgan.

№	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, ⁰ 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, pergelimetr 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 qichik qarshilik qiymati 0,1 Omdan boshlab qarshilik yuklamasi o‘zgartiriladi, bunda ampermetr va voltmetrning ko‘rsatkichlarini yozib olamiz. Yozib olingan qiymatlar 2-jadvalga kiritiladi.

FEB ning gorizontga nisbatan og'ish burchagi β_0 (grad.) -								
No	Volt-amper xarakteristikasini 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 tok i A	FEB kuchlanishi (V)	Qarshilik 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 erda 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 erda 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 Officece 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 akkumulyasiya tizimi haqida nimalarni bilasiz?
5. Zamonaviy invertorlarning qanday turlarini bilasiz?

LABORATORIYA ISHI №7

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'liqlik 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:

$$E_g^{Si}(T) = E_g - \frac{4.73 \cdot 10^{-4} T^2}{T+636} \text{ eV} \quad (1)$$

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

Bu erda T- QE harorati.

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

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

Asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar yuq 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:

$$U_{xx}(T) = U_{x.x.0} + \beta(T_0 - T) \quad (4)$$

bu erda, $U_{x.x.0}$ – standart haroratda salt yurish kuchlanishi; β – kuchlanish bo'yicha harorat koeffitsienti mV/ $^{\circ}$ S; $T_0 = +25^{\circ}$ S.

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

$$\frac{\partial U_{xx}}{\partial T} \approx -2.3 \text{ mV } ^{\circ}\text{S}^{-1} \quad (5)$$

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

$$I_{o.n} = I_{k.z} \left(\frac{E_{FEB}}{E_0} \right) - \alpha \left(\frac{E_{FEB}}{E_0} \right) (T_0 - T) \quad (6)$$

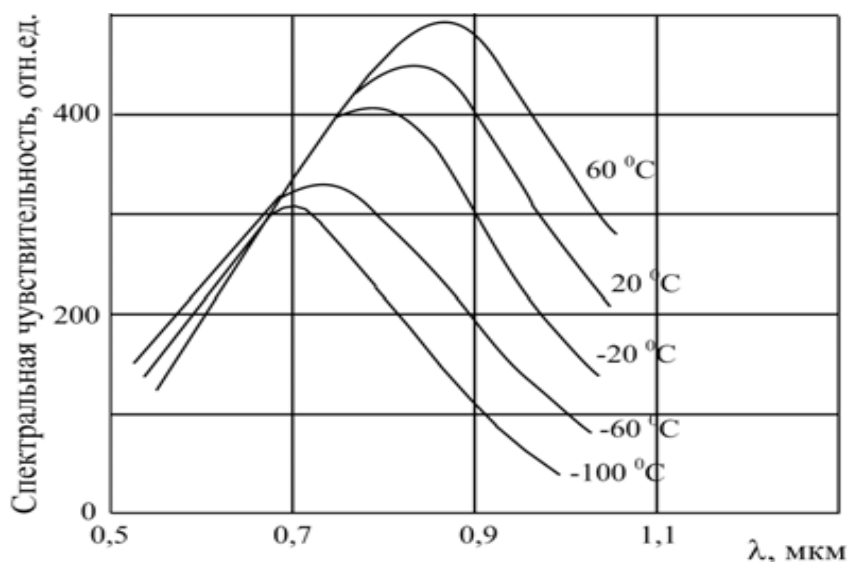
bu erda $I_{o.n}$ – har xil haroratlarda optimal nuqtada tokning qiymati, A; $I_{k.z} \left(\frac{E_{FEB}}{E_0} \right)$ – yoritilganlikka bog'liq holda qisqa tutashuv tokining o'zgarishi; E_0 – standart sharoitda yoritilganlik qiymati $E_0 = 100 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2}$; E_{FEB} – FEB yuzasiga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

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

$$I_0 = I_{o.n} \exp \left(- \frac{qU_{xx}t}{A_k k(t+273)} \right) \quad (7)$$

bu erda A_k – diod koeffitsienti.

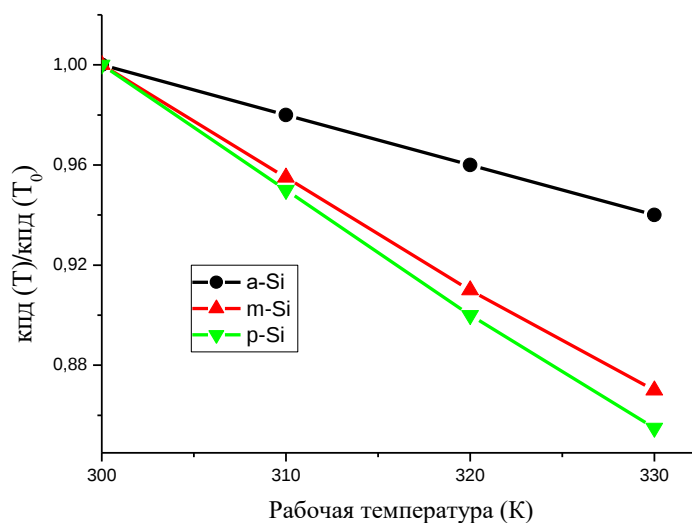
FIK haroratga bog'liq holda, ayniqsa ishchi haroratning keng interval oraliqlarida QE kosmosda va issiq iqlim sharoitida Erda ekspluatatsiya vaqtida salbiy o'zgarishi katta ahamiyat kasb etadi. Masalan, kremniyli QE uzun to'liqlik spektr sohasida spektral sezgirlikning keskin kamayishi, (qisqa to'liqlik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



1-rasm. Kremniyli QE spektral sezgirligining haroratga bog‘liqligi

QE har xil turlarining haroratga bog‘liqlik xarakteristikalari 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 °S) ham o‘zining samaradorligini saqlab qoladi, shuningdek u radiatsion barqaror element hisoblanadi.

YUpqa qatlamli kadmiy-sulfid QE 100°S gacha o‘zining yuqori samaradorligini saqlab qoladi.



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 ($^\circ\text{S}$), 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.

1-jadval

Kristall kremniyli FEB ning gorizont bilan hosil qilgan qiya burchagi - _____ grad.									
	Vaq t inte rval i	t_a ($^\circ\text{S}$)	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								

1. 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 ($-mV/^{\circ}S$).
2. 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 ($mA/^{\circ}S$).
3. 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 ($-Vt/^{\circ}S$).

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 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?

LABORATORIYA ISHI №8

QUYOSH FOTOELEKTRIK MODULINING HARORAT REJIMLARINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad

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

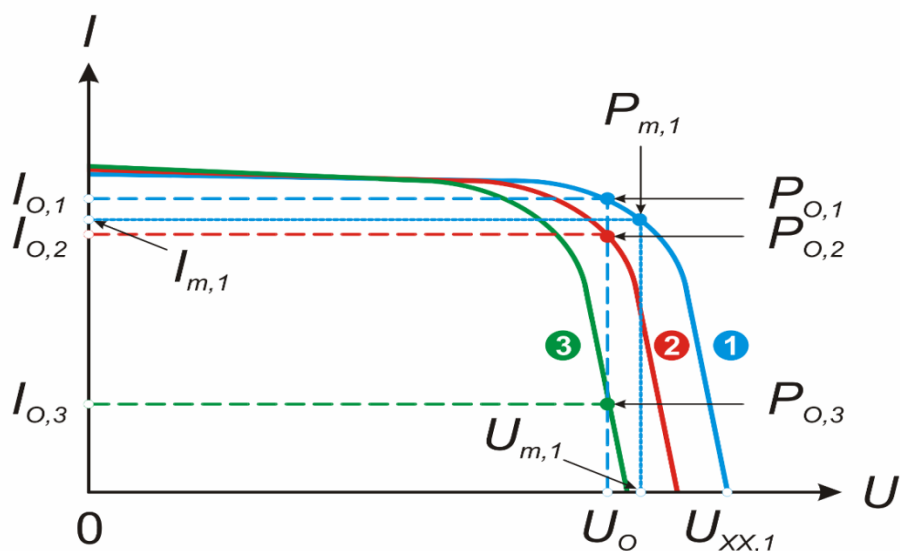
Qisqacha nazariy malumot

Markaziy Osiyo keskin kontinental iqlim sharoiti, xususan O'zbekistonda yilning issiq mavsumlarida (may-sentyabr) atrof muhit haroratining yuqori ko'rsatkichlari 45-50 °S 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 akkumulyasiya tizimida AB zaryadlash jarayoni sezilarli kamayadi.

FEB pasport ma'lumotlarida kuchlanish va tok bo'yicha harorat koefitsientlari ko'rsatib o'tiladi, odatda ishchi harorat +10-+80 °S 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 °S) bo'lganda, shamol tezligi 1-3 m/s da FEB harorati 72 °S 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).



1-rasm. Har xil haroratlarda kremniyli QE asosidagi FEB ning yuklanmadagi volt-ampere xarakteristikasi

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

Bu tadqiqotlar asosida FEB ning yangi kontruksiyasi ishlab chiqildi. Respublika hududlari uchun FEB tayyorlashda ularning iqlim sharoitlari (meteofaktorlarni nazarda tutib) hisobga olindi. Janubiy hududlar uchun (Qashqadaryo, Surxondaryo viloyatlari) FEB kontruksiyasida QE soni 42 taga, qolgan hududlar uchun 40 ga etkazildi. 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:

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

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

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

Energetik parametr	Harorat, t °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:

$$\eta = \eta_0 + \alpha_T (t - t_0); \quad (2)$$

Bu erda t – QE ekspluatatsiya vaqtidagi harorati, °S; α_T - QE konstruksiyasi, turiga bog‘liq holda FIK harorat koeffitsienti, (°S)⁻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 (°S), quyosh radiatsiyasi E (Vt/m²), 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‘lchanadi. Olingan natijalar 1-jadvalga kiritiladi.

Amorf kremniyli FEB ning gorizont bilan hosil qilgan qiya burchagi - _____ grad.									
	Vaq t inte rval i	t_a (°S)	E (Vt/m ²)	v (m/s),	$U_{o.c}$ (V),	$I_{s.c}$ (A),	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°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 (-mV/°S).
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 (mkA/°S).
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 (-Vt/°S).

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 1-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?

LABARATORIYA ISHI №9

LABORATORIYA STENDIDA JOYLASHGAN AVTONOM FOTOELEKTRIK QURILMANING ISH JARAYONINI O'RGANISH

Ishdan maqsad

1. Avtonom quyosh fotoelektrik qurilmasida akkumulyasiya tizimining zaryadlanish jarayonlarini o'rganish.
2. Avtonom quyosh fotoelektrik qurilmasida akkumulyasiya tizimining razryadlanish jarayonlarini o'rganish.

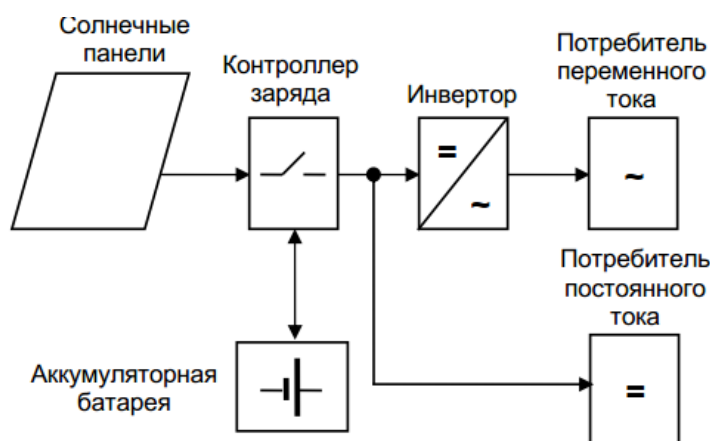
Qisqacha nazariy ma'lumot

Er 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 akkumulyasiya tizimiga ega va akkumulyasiya 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.

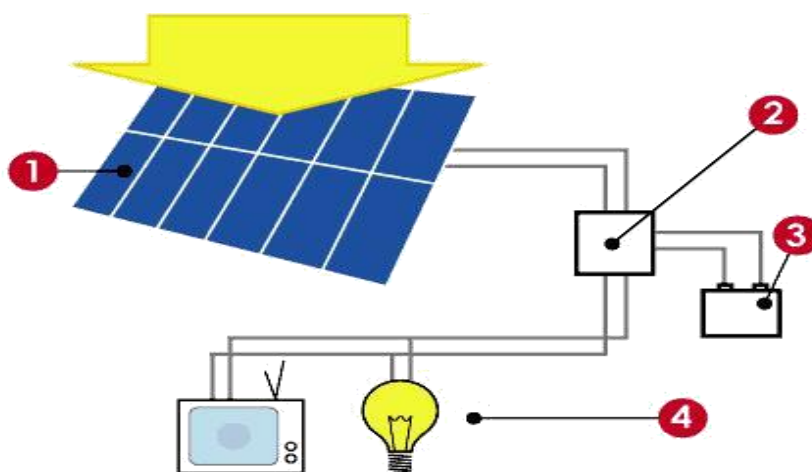
Elektr uzatish liniyalaridan uzoqda joylashgan elektr ta'minoti uchun mo'ljallangan quvvati 0,01...100 kVt bo'lgan sodda AFES larning strukturaviy sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



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 (2-rasm).

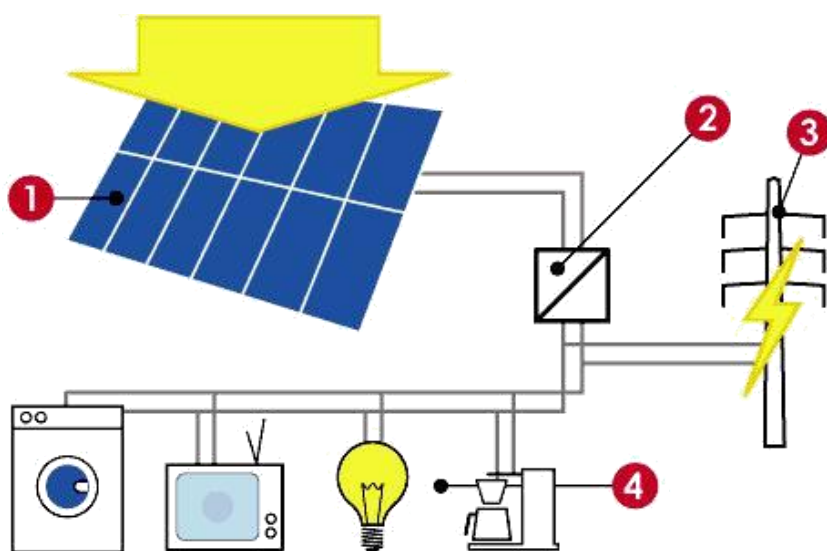


2 – rasm. Avtonom fotoelektrik tizim

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 manbaidan foydalanishga hoxish bo'ladi, bunda quyosh panellari tarmoq bilan ulangan bo'ladi. Etarli miqdordagi quyosh panellari bir biri bilan ulanganda yuklamaning bir qismi uydagi 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.(3-rasm).



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.

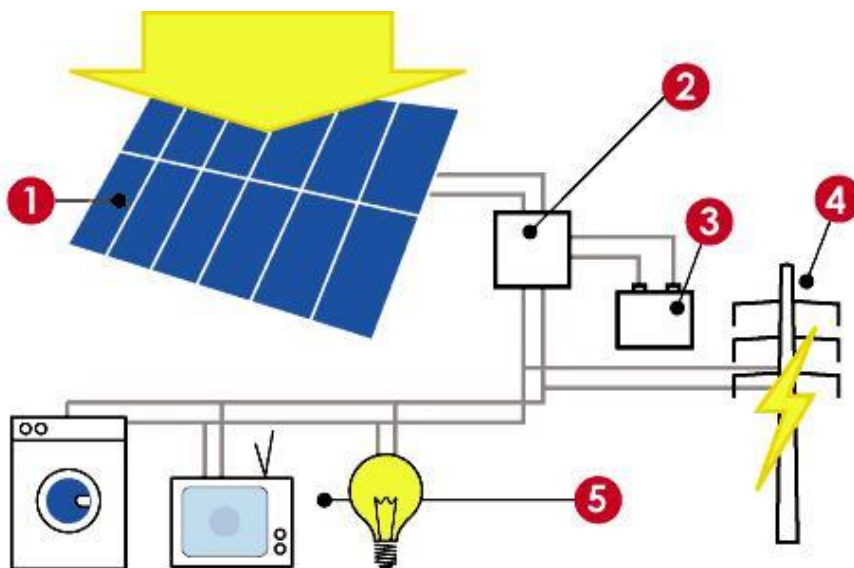
Bunda quyosh panellari tomonidan ishlab chiqilgan elektr energiyasi tarmoqqa yuqori tarif bo'yicha sotiladi, uyning elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyoji tarmoqdan odatiy narx bo'yicha olinadi. Shunday qilib nafaqat elektr energiyaga bo'lgan yil davomidagi nul chiqimlarni, balki yil ichida

nul 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 (4-rasm.).



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. (5-rasm). Zaryad-razryad kontrolleridan foydalanishda afzalliklaridan biri shuki, AB razryad holatida yuklamani darhol uzadi.



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 –impulsi modulyasiyalı 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 $\approx 12,5\text{--}13\text{ V}$ 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 modulyasiyalı zaryad toki (KIMZT) deb nomlanadigan jarayondan foydalaniladi. Bunda AB zaryadi 100% gacha zaryadlanadi. 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.



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 kupaytirib, 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 energiya uzilishi hisoblanadi. Har xil ishlab chiqaruvchilar quyosh batareyasi maksimal quvvat nuqtasini optimal kuzatish uchun Quyoshdan kelayotgan optimal miqdordagi energiyani 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.

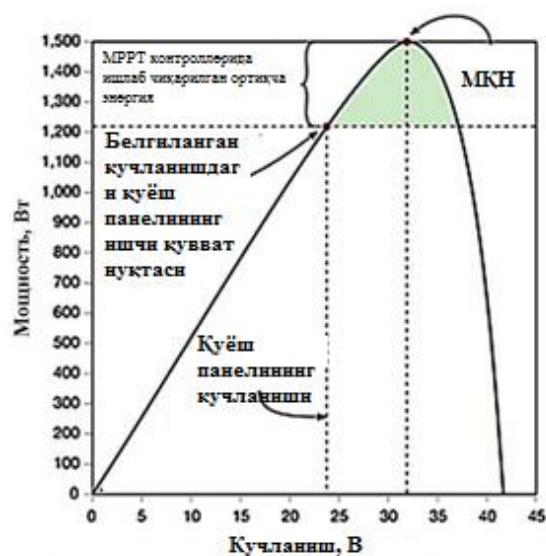
3). Uchinchi usul – «Percentage of open circuit voltage». Salt yurish kuchlanishi va ($U_{xx \cdot k}$) darajasidagi ishchi nuqta o'lchanadi. Bu erda k - 0 dan 1 gacha bo'lishi mumkin ($k=0.8$). Nuqta navbatdagi skanerlash jarayonigacha ushlab turiladi. Bunday usul panellarda soya tushishi va bulut bo'lmagan 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.

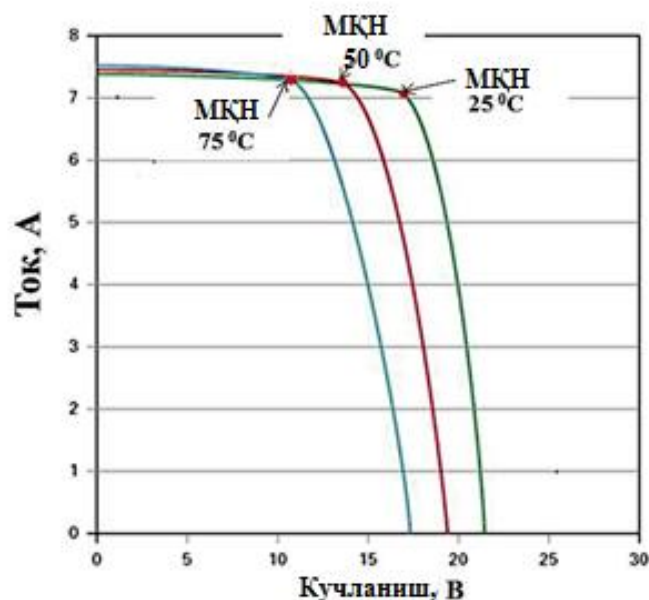
TMM ning holati panellarning yoritilganligiga, haroratiga, foydalanadigan panellarning har xilligiga va boshq. Bog'liqdir. Kontroller davriy ravishda o'tgan bosqichdagi nuqtadan "o'zgarishga" harakat qiladi, bunda quyosh panelining quvvati ko'tarilishi lozim, shunda u yangi nuqtadagi ishga o'tadi. Nazariy 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 energiyani 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 haroratlarida va razryadlangan AB sodir bo'ladi (7- rasm).



7-рasm. MRRT – kontrollerdan foydalanganda qo‘shimcha ravishda olingan energiya miqdori

Maksimal quvvat nuqtasida quyosh panelining kuchlanishi panelning har xil harorat kattaliklarida o‘zgaradi (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 panellarida yoki nostandart kuchlanishlanishga ega panellarda qo‘llash imkonini beradi.



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

Fotoelektrik tizimlar uchun invertorlar

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

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

Ko‘pchilik quyosh panellari doimiy tok ishlab chiqaradi. Integratsiyalashgan invertorlar bilan qo‘llaniladigan panellar ham bo‘lib ular mikroinvertorli AS panellar deb nomlanadi (9- rasm).



9-rasm. Quyosh panelining orqa tomonida mikroinvertor

Ularning afzalliklari shundaki, oson sozlash, bunday panellarni fotoelektrik tizimga oson qo‘shish yuli 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'zilari – yuqori samaradorlikka ega. Agar inverter 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 inverter tanlash kerak bo'ladi.

Quyosh paneli domiy 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. Inverter 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.

Inverterlar har xil quvvatda bo'lib ularning turi qo'llash holatiga qarab tanlanadi. Kichik avtonom tizimlarda kamquvvatli inverterlar (100-1000Vt) televizor, radio, lampochkalar va boshqa jihozlarni ta'minlash uchun foydalaniladi. Bu inverterlarda kirish kuchlanishi 12 V yoki 24 V chiqish kuchlanishi esa 220 V bo'ladi. Katta quvvatli inverterlarda kirish kuchlanishi 24 V, 48 V yoki 96 V yoki yuqori bo'lishi mumkin. Arzon inverterlar 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 inverterlar tarmoqdagi kabi sifatli tok kabi istalgan yuklamani muammosiz ta'minlay oladi.

Zamonaviy inverterlar funksiyasi

- O'lchash. Inverter 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 inverterga 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 invertorlar generatordan yoki tarmoqdan foydalanib AB ni zaryadlashi mumkin. Bir vaqda ular energiyani bevosita iste'molchilarga ham uzatishi mumkin.
- Parallel ulash. Ba'zi invertorlar quvvatni oshirish uchun parallel ulanishi ham mumkin.

Avtonom fotoelektrik qurilmaning AB qismining razryadlanish jarayonini o'rganish

Ishni bajarish tartibi: dastlab laboratoriya sharoitida AFES (10-rasm) akkumulyasiya tizimining razryadlanish jarayonlarini ko'rib chiqamiz. Buning uchun akkumulyator batareyasining (AB) texnik ko'rsatkichlari bilan tanishib chiqamiz (1-jadval)



10- rasm. Avtonom quyosh fotoelektrik qurilmasi o'rnatilgan laboratoriya stendi

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 multimetrdan 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 2-jadval to‘ldiriladi.

2-jadval

Avtonom fotoelektrik qurilmaning AB qismining razryadlanish jarayonini o‘rganish							
	Vaqt intervali	Xona harorati ($^{\circ}$ S)	AB harorati-1 termojuft ($^{\circ}$ S)	AB harorati-2 termojuft ($^{\circ}$ S)	AB harorati-3 termojuft ($^{\circ}$ S)	AB kuchlanishi (V)	YUklamaning 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:

$$I_{ist.} = \frac{P}{U} \quad (1)$$

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

$$A = P_{yukl.} \cdot t \text{ (kVtch)} \quad (2)$$

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, pergelimetr yoki pironometr yordamida qayd qilinadi.

4. Fotoelektrik batareyaning qisqa tutashuv tokini o'lchashda multimetrdagi 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 sirkulyasiyaga 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 displayda 100% to'liq bo'lguncha tajriba davom etadi.

3-jadval

Avtonom fotoelektrik qurilmaning gorizont bilan hosil qilgan qiya burchagi - _____ grad.										
	Va qt int erv ali	t_a ($^{\circ}\text{S}$)	E (Vt/m^2)	v (m/s)	FE B $U_{o.c}$ (V)	FE B $I_{s.c}$ (A)	AB ning kuchl anishi (V)	AB haro rati- 1 term ojuft ($^{\circ}\text{S}$)	AB haro rati- 2 term ojuft ($^{\circ}\text{S}$)	AB haro rati- 3 term ojuft ($^{\circ}\text{S}$)
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 2-3 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?

LABORATORIYA ISHI №10-11

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 bo'lgan quyosh FES o'rnatilgan edi (1 Rasm).



1-rasm. 20 kVt quvvatli quyosh fotoelektrik stansiyasining umumiy ko‘rinishi

FES 60 ta ketma-ket va parallel ulangan fotoelektrik panellar (FEP), quvvati 22 kVt bo‘lgan uch fazali tarmoq invertori (SMA, Sunny Tripower 22000TL), umumiy quvvati 9.9 kVt bo‘lgan 3 dona akkumulyator kuchlanish invertori (SMA, Sunny Island invertors), eruvchan saqlagich (Batfuse–B.03), sig‘imi 660 A·soat va yig‘indi kuchlanishi 48 V bo‘lgan 24 ta ketma-ket ulangan elektr energiyasini akkumulyasiya qilish tizimi, elektr hisoblagichi, SMA Energy meter va distansion boshqarish uskunasiidan tashkil topgan. SHuningdek uning tarkibiga yana Wi-Fi-Router, quyoshli uy regulyatori (Sunny Home Manager) va ma’lumotlarni taqdim etish uchun monitor kiradi.



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

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 xarakteristikallari va parametrlari to'g'risidagi ma'lumotlar uning pasportida aks etgan:

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

1 jadval

Standart test sharoitida FEP elektrik xarakteristikallari

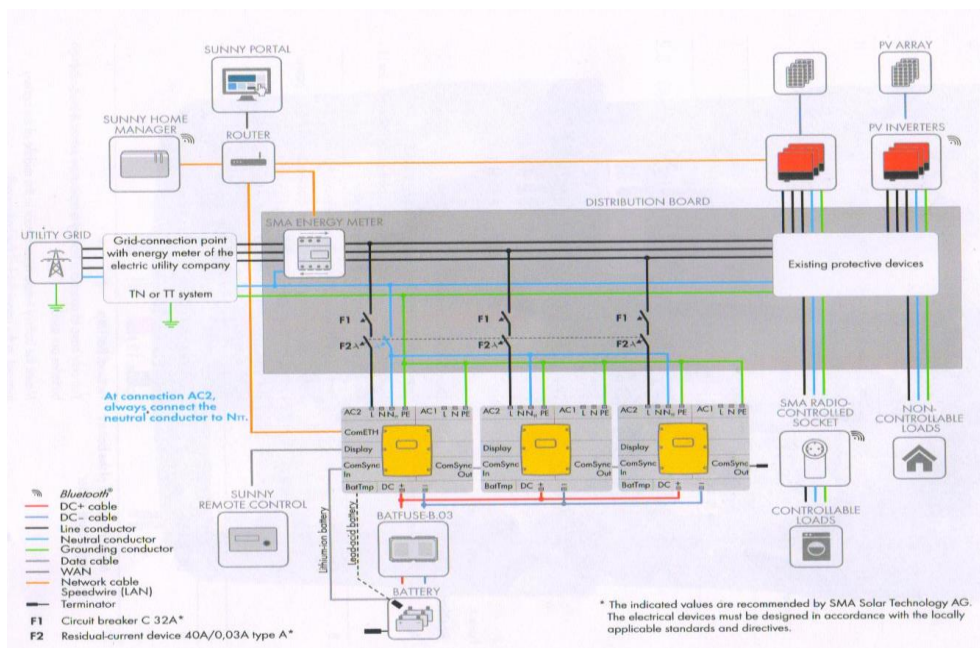
Qisqa tutashuv toki $I_{k.z.}$	Salt yurish kuchlanishi $U_{x.x.}$	Nominal quvvatdagi tok $I_{n.m}$	Nominal quvvatdagi kuchlanish $U_{n.m.}$	Tokning maksimal qiymati I_{max}
9,6 A	39,8 V	9,1 A	32,2 V	18 A

Hamma FEP havo oqimi sirkulyasiyasi 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 modullarni 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.

3-rasmda tasvirlangan 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 tokga o'zgartiradi va elektr ta'minotining tarmog'iga uzatadi.

Sunny Tripower markali inverter faqat sifatli fotoelektrik batareyalar, ya'ni qo'llanilish sinfi A, IEC 61730 standartidagi va himoya sinfi II bo'lganda foydalanish mumkin.



3-rasm. Rezerv iste'mol funksiyasiga ega fotoelektrik elektrik ta'minot tizimining strukturaviy sxemasi

Sutkaning kunduz vaqtida elektr tarmog'ida kuchlanish mavjudligida FES tarmoq inverter 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 inverterlari elektr energiya uzatishni akkumulyasiya tizimidan ola boshlaydi, bunda tarmoq inverteri uchun tayanch kuchlanishni shakllantirib beradi. FES dan olinadigan energiyaning ortiqcha qismi akkumulyator zaryadlangan holatida akkumulyator inverteri akkumulyatordagi kuchlanish ma'lum chegaraga tushmaguncha tarmoq inverterini o'chirib quyadi.

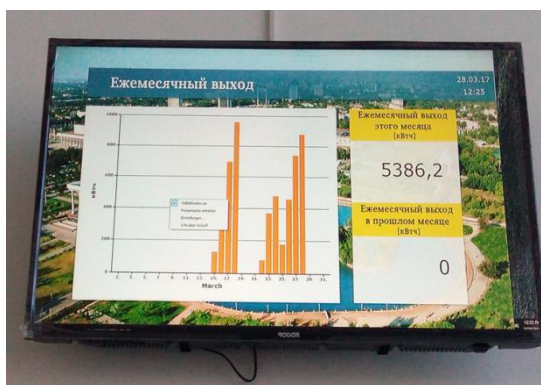
Ushbu strukturadan avtonom energetik tizimlarini loyihalashda ham foydalanish mumkin, lekin bu holatda akkumulyator inverterining quvvati yuklamaning to'liq quvvatigacha ko'tarilishi zarur.

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 xarakteristikallari haqida kompaniya saytida tanishish mumkin (SMA Solar Technology AG – URL: www.SMA.de).

Bunday FES lar energetikaning global muammolari va lokal energetik vazifalarni echish 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, akkumulyasiyalangan energiya, iste‘mol qilingan elektr energiya elektr hisoblagichida qayd etilib so‘ngra “Elektronika va avtomatika” fakulteti binosi kirish qismidagi monitorga uzatiladi.



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

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

Elektron hisoblagich yordamida FES texnik ko‘rsatkichlarini davriy ravishda yozib olinganda quyidagi natijalar olindi. Monitoring natijalari (5-Rasm) 2017 yil dekabrda 2018 yil maygacha amalga oshirildi.

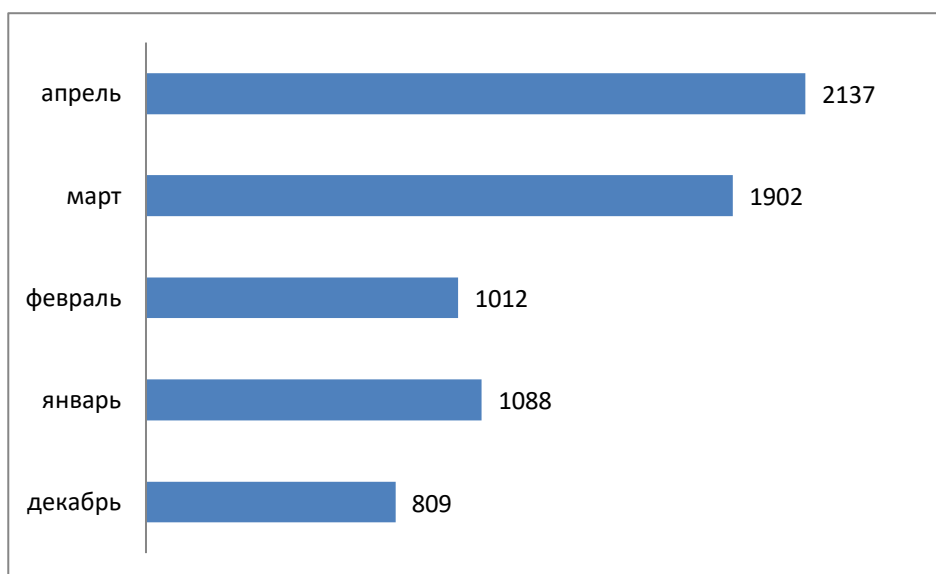
Dekabr 25734

Yanvar 26543

Fevral 27631

Mart 28643

Aprel 30545



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

5-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 yuqligi (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 2-jadvalni to'ldiradilar.

	Vaqt inter vali	Quyosh radiatsi ya si V_t/m^2	Atrof muhit harorati $^{\circ}S$	FES umumiy kuchlani shi (V)	FES umumi y toki (A)	FES umumi y quvvati V_t
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 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 yuqotishlari haqida fikringiz?
4. “Tarmoq” invertori, akkumulyator invertorlar, AFES uchun invertorlar bir biridan farqli jihatlarini ayting?

LABARATORIYA ISHI №12

KOMBINATSIYALASHGAN FOTO-TERMoeLEKTRIK QURILMANING ISH JARAYONINI O'RGANISH

Ishdan maqsad

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

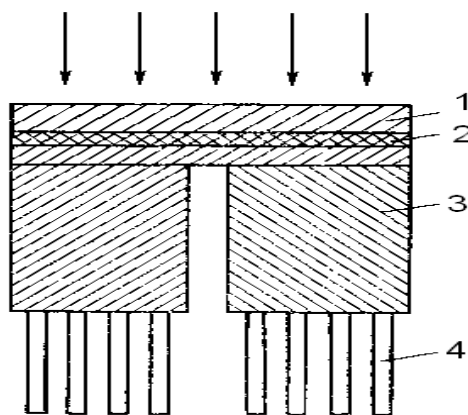
Qisqacha nazariy ma'lumot

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

Bunda quyosh nurlari bevosita QE ga tushib TO' issiq yuza tomonini $200\text{—}250^\circ\text{S}$ 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.

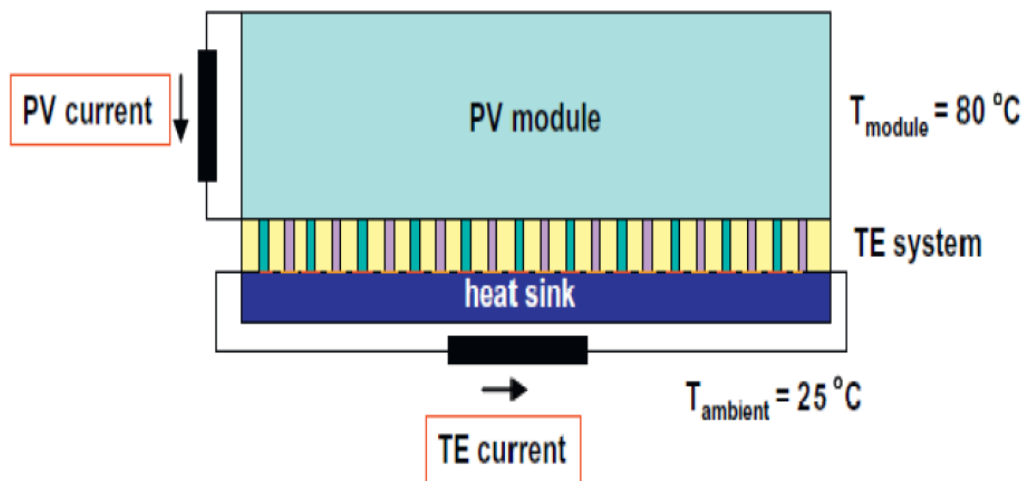
YU.N. Malevskiy va boshqalar tomonidan arsenid galliy asosidagi to'rtta quyosh elementidan (yuzalari $10 \times 10 \text{ mm}^2$) tashkil topgan fotobatareya va BiTeSb asosidagi termoelektrik o'zgartirgich, ya'ni kichik generator sinovdan o'tkazildi. Quyosh energiyasidan foydalanib ishlashga mo'ljallangan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

1. Rasm. Quyosh elementining TO' bilan biriktirilishi

Niderlandiyalik olim van Sark ning ishlarida ham foto-termoelektrik gibril qurilmasidan olingan modellastirish 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.



2. Rasm. Gibril fotoelektrik-termoelektrik qurilmaning prinsiplial sxemasi

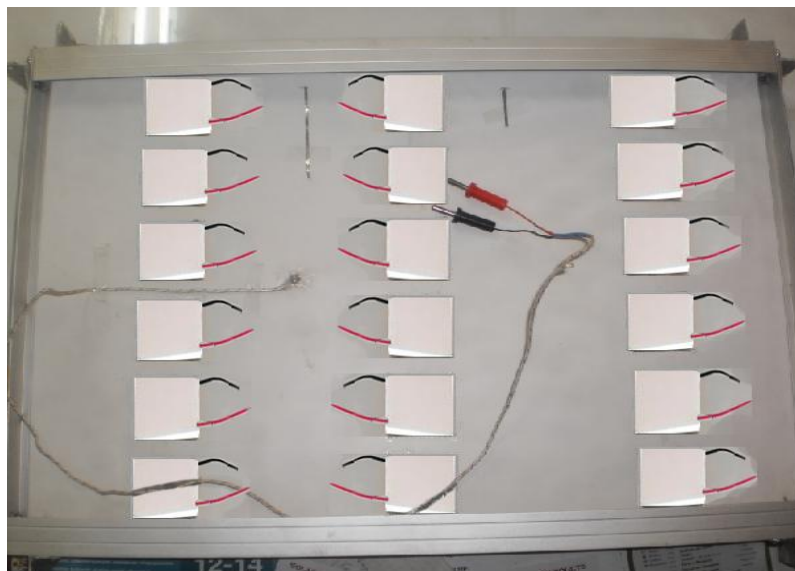
Kombinatsiyalashagan foto-termoelektrik qurilmani tayyorlashda dastlab uning fotoelektrik va termoelektrik qismlarini biriktirilishi haqida loyihalar tayyorlandi.

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 qirib 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 $0 \div 180^{\circ}\text{S}$ ni tashkil etadi.

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

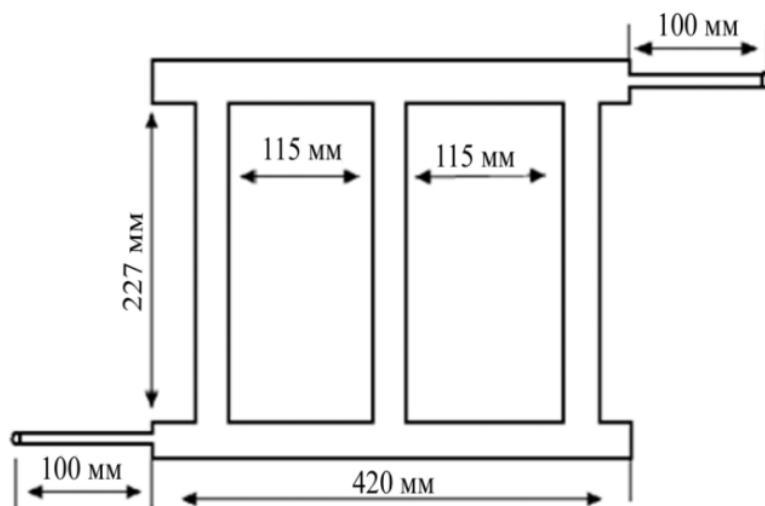


3.Rasm. FEB ning orqa tomoniga TEB ni biriktirish

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.

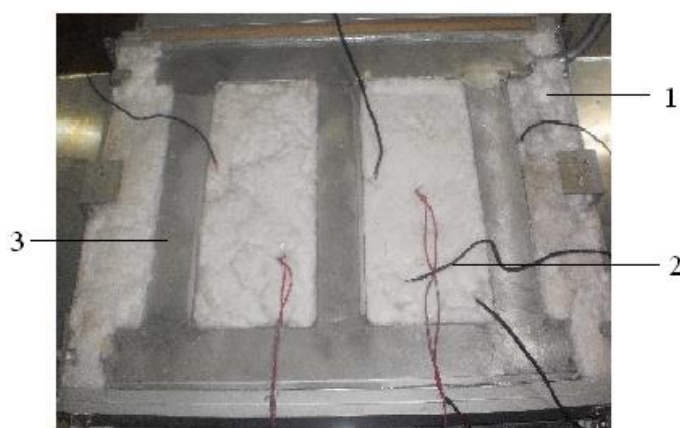
TB kommutatsiyasi amalga oshirilgandan so'ng TEG uchun umumiy maydoni 288 sm^2 bo'lgan sovutish uskunasi tayyorlandi. Bu uskunaga material sifatida dyuralyuminiy tanlandi. Sovutuvchi uskuna quyidagi shaklda tayyorlandi: sovuq issiqlik tashuvchi uchun uch qatordagi parallel holatdagi to'g'ri to'rtburchakli 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 rezervuarning quyi va yuqori qismlariga ulangan. Payvandlangan joylar g‘adir budurlikdan tozalanib silliqlandi. Rezervuarning tutash joylarining germetikligi suyuq muhitda bosim ostida sinovdan o‘tkazildi. 4-rasmda TEG sovuq yuza tomoniga o‘rnatilgan rezervuarning sxemasi keltirilgan.



4.Rasm. TEG uchun sovituvchi rezervuarning sxemasi

Sovituvchi rezervuarning yon tomonlari issiqlik izolyasion material sifatida kaolin paxtadan foydalanildi. Uning o‘rtacha zichligi 130 kg/m^3 . Kaolin paxtasining issiqlik o‘tkazuvchanligi to‘lani montaj vaqtida zichlashtirishga va haroratga bog‘liqdir.



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 o'tilgan uskunalar to'rt burchakli shakldagi bitta konstruksiyaga keltirilib laboratoriya stendiga o'rnatilgan. Tayanch konstruksiya tizimi kombinatsiyalashgan gibrid 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 koefitsienti 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.

1-jadval

Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmaning gorizont bilan hosil qilgan qiya burchagi - _____ grad.										
	Va qt int erv ali	Atro f mux it xaro rati (°S)	Quyo sh radiat siyasi (Vt/m ²)	SHa mol tezlig i (m/s)	FEB qismin ing kuchla nishi (V)	FEB qism inin g toki (A)	TEG qismini ng issiqlik -EYUK (V)	TEG qismi ning toki (mA)	Suv ning kiris h haro rati °S	Suv ning chiq ish haro rati °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. 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 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.

LABORATORIYA ISHI №13

KOMBINATSIYALASHGAN FOTO-TERMOELEKTRIK QURILMANING ISH JARAYONINI O‘RGANISH

Ishdan maqsad

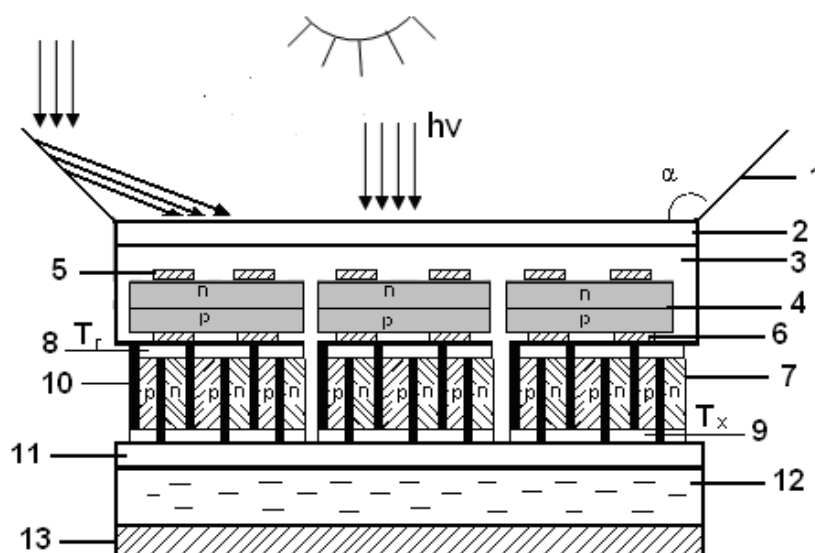
1. Reflektor qo‘llanilgan holatda kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmaning parametrlarini aniqlash.

Qisqacha nazariy ma'lumot

Fotoelektrik batareyalarni samaradorligini oshirish imkoniyatlaridan biri bu ularni termoelektrik o'zgartirgichlar bilan biriktirish 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 gibridd foto-termoelektrik qurilmaning prinsipial sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



1-Rasm. Kombinatsiyalashgan gibridd foto-termoelektrik qurilmaning prinsipial sxemasi

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' «issiq» yuzasi; 9 –TO' «sovuq» yuzasi; 10 – izolyasion materiallar; 11-Issiqlik o'zatuvchi pasta (HY Thermal grease); 12-issiqlik tashuvchi (suv); 13- korpus.

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.



2-rasm. Kombinatsiyalashgan gibril foto-termoelektrik qurilmasining umumiy ko'rinishi

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

$$P_g = S_m I_{teg} (T_h - T_c) - I_{teg}^2 R_m \quad (1)$$

Bu erda S_m -Zebeck 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.

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:

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

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

$$Q_h = \frac{K_m A_m (T_h - T_c)}{t_m} \quad (3)$$

bu erda 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:

$$Q_h = Q_c + P_{teg} \quad (4)$$

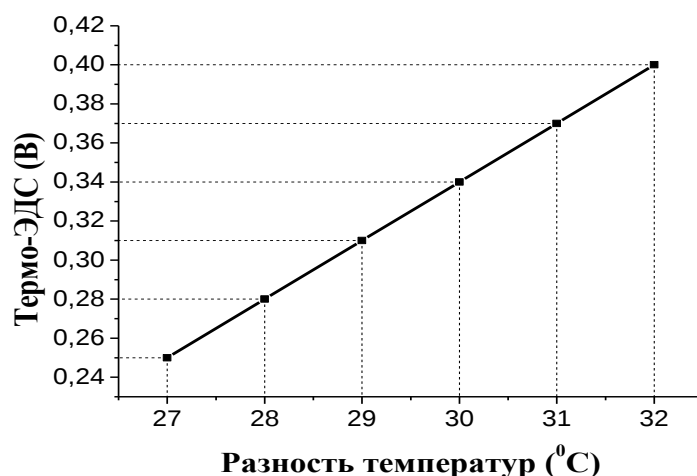
Q_c ning qiymatini FEB himoya plenkasidan TEG uzatilayotgan va atrof muhitga ajralayotgan issiqlikni hisobga olib umumiy issiqlik qarshiligi orqali hisoblash mumkin.

FEB ning generatsiya quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_p = \xi_\phi \times I_{sc, \min} \sum_{i=1}^n U_{i, oc} \quad (5)$$

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.

3-Rasmda TEG 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.



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 qo'llanilgan holatdagi natijalari olingan.

1-jadval

№	t, °S	τ , min	E_0 Vt/m^2	$I_{k.t.}$, A	$U_{s.yu.}$, V	I_t , mA	U_t , V
$\Delta T = 24 \div 27$ °S da o'lchash (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

2-jadval

№	t, °S	τ, min	E ₀ , Vt/m ²	I _{k.z.} , A	U _{x.x.} , V	I _t , mA	U _t , V
ΔT = 45÷ 48 °S 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

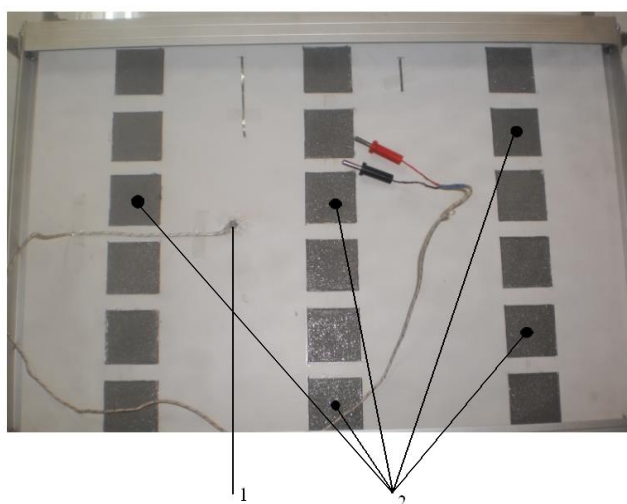
Ishni bajarish tartibi: tajriba ishi ochiq havoda tabiiy sharoitda olib boriladi. Dastlab qurilmaning FEB qismining janub tomonga orientatsiyalab gorizontga qiya holatdagi optimal burchagi tanlanadi va o'lchanadi. Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmaning parametrlarini o'lchashdan oldin 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 ($^{\circ}\text{S}$) va chiqayotgan issiqlik tashuvchining harorati t_2 ($^{\circ}\text{S}$) ham o'lchanib 3-4 jadval to'ldiriladi.

3-jadval

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

	τ	U_1 (mV)	$t_{1.th}$ ($^{\circ}S$)	U_2 (mV)	$t_{2.th}$ ($^{\circ}S$)	U_3 (mV)	$t_{3.th}$ ($^{\circ}S$)
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'lchanadi (4-rasm). O'lchash vaqtida termojuftlikning bir uchi namunaga yopishtirib qo'yiladi, ikkinchisi esa $0^{\circ}S$ haroratda ushlab turiladi, bunda muz solingan konteynerdan foydalanish mumkin.



4-Rasm. Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmasining FEB qismining orqa tomonida termojuftliklarning joylashishi
 1. QE ning ishchi sohasida; 2. QE ning orqa tomonida

CHiqish klemmalari orqali potensiometr yoki millivoltmetr yordamida uning kuchlanishi o'lchanadi, so'ngra maxsus mis-konstantan yoki xromel-alyumel uchun graudirovka jadvalidan foydalanib haroratning $^{\circ}S$ 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 talabaning fikri yoziladi.
4. Tajriba natijalari bo'yicha 3-4 jadvalni to'ldiring.
5. Xulosa yozish.

Nazorat savollari:

1. Fotoelektrik va termoelektrik batareyalarni birtirish 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.

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

1. V.I. Vissarionov, G.V. Deryugina, V.A. Kuznetsova, N.K. Malinin Solnechnaya energetika// Uchebnoe posobie dlya Vuzov. Moskva. Idatelskiy dom MEI. 2008.
2. O.S. Popel, V.E. Fortov Vozobnovlyаемaya energetika v sovremennom mire//Uchebnoe posobie.Moskva. Idatelskiy dom MEI.2015
3. A.K. Mukurjee, Nivedita Thakur Photovoltaic Systems, analysis and design//2014/Dehli.
3. Arbuzov YU.D, V.M. Evdokimov. Основы фотоэлектричества // М.: Nauka; 2007. – S.258
4. Faleev D.S Основные характеристики солнечных модулей // Metodicheskaya ukazaniya. Xabarovsk.2013. – Izdatelstvo DVGUPS. – S.28
5. Obuxov S. G Системы generirovaniya elektricheskoy energii s ispolzovaniem vozobnovlyаемых energoresursov//Uchebnoe posobie. Izdatelstvo Tomskogo politexnicheskogo universiteta. 2008. – S.140
- 6.I.A. Yuldoshev, E.B. Saitov Quyosh panellarini o‘rnatish, sozlash va ishlatish// O‘quv qo‘llanma. Toshkent. “Noshir” nashriyoti, 2017 y.
- 7.N.V. Xarchenko Individualные солнечные установki// - M.:Energoatomizdat,1991.-208 s.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. M.M. Koltun Solnse i chelovechestvo // M.: Nauka, 1981.
2. Afanasev V. P., Terukov E. I., SHerchenkov A. A Tonkoplenochные солнечные элементы на основе кремниya//Cankt-Peterburg. Izdatelstvo SPbGETU «LETI» 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. I.A. Yuldoshev Kombinirovannые energoustanovki na osnove fotoelektricheskix batarey iz kristallicheskogo kremniya// dissertatsiya na soiskanie uchenoe stepeni doktora texnicheskix nauk. FTI, NPO “Fizika-Solnse” AN RUz. 2016. S.219

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
1.	Kirish.....	3
2.	1-Laboratoriya ishi Quyosh nurlanishi oqim zichligini o'lchash qurilmalari ish jarayonini o'rganish.....	5
3.	2-Laboratoriya ishi Quyosh nurlanishining tushish burchagini aniqlash uskunasining ish jarayonini o'rganish.....	12
4.	3-Laboratoriya ishi Quyosh elementlarini ketma-ket ulash.....	19
5.	4-Laboratoriya ishi Quyosh elementlarini parallel ulash.....	23
6.	5-Laboratoriya ishi Quyosh elementlarining (1-4 vt) volt-amper va volt-vatt xarakteristikasini o'rganish.....	28
7.	6-Laboratoriya ishi Quyosh fotoelektrik modulining volt-amper va volt-vatt xarakteristikasini o'rganish.....	34
8.	7-Laboratoriya ishi Quyosh fotoelektrik modulining harorat rejimlarini tadqiq qilish	41
9.	8-Laboratoriya ishi Quyosh fotoelektrik modulining harorat rejimlarini tadqiq qilish.....	48
10	9-Laboratoriya ishi Laboratoriya stendida joylashgan avtonom fotoelektrik qurilmaning ish jarayonini o'rganish.....	51
11	10-Laboratoriya ishi Lokal elektr tarmog'iga parallel ulangan 20 kvt quvvatdagi fotoelektrik stansiyaning ish jarayonini o'rganish.....	65
12	11-Laboratoriya ishi Lokal elektr tarmog'iga parallel ulangan 20 kvt quvvatdagi fotoelektrik stansiyaning ish jarayonini o'rganish.....	65
13	12-Laboratoriya ishi	72

	Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmaning ish jarayonini o‘rganish.....	
14	13-Laboratoriya ishi Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmaning ish jarayonini o‘rganish.....	77
15	Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati.....	86

