



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



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

**M. ANARBOYEV, T. BERDIYOROV,
J.TULYAKOV, I.YULDOSHEV**



QUYOSH ELEMENTLARI, FOTOELEKTRIK BATAREYALAR VA ULARNING ISHLAB CHIQUARISH TEXNOLOGIYASI

UDK.620.92

M. Anarboyev, T. Berdiyev, J.Tulyakov, I.Yuldoshev Qq'uyosh elementlari, fotoelektrik batareyalar va ularning ishlab chiqarish texnologiyasi.

JizPI, 2025 y, 180 b.

O'zbekistonda quyosh energiyasidan foydalanish uchun o'ta qulay iqlim sharoiti mavjud. O'ta qulay geografik joylashuv jihatdan yilning 85–87 foiz kunlarida quyoshli osmon bo'ladi. Aynan mana shu energiyadan to'g'ri va unumli foydalanilsa, aholining ijtimoiy sharoitini yanada yaxshilash mumkin. O'quv qo'llanmada quyoshning keng qamrovli spektridan optimal foydalangan holda yarimo'tkazgichli materiallardan foydalanib fotoelektrik batareyalar va qurilmalarning texnologiyalari taxlili qilib chiqilgan. O'quv qo'llanma "DEBSEUz —ERASMUS-EDU-2023-CBHE—101128871"ra qamli, "O'zbekistonda quyosh energiyasi bo'yicha bakalavrlar uchun maqsadli ta'lim dasturini (DEBSEUz) ishlab chiqish" xalqaro loyihasi doirasida tayyorlangan.

Taqrizchilar: E. Rabbimov - JizPI, "RE va EQ" kafedrası dotsenti, texnika f.m.f.n.
I. Saidmuradov— JVET korxonasi muhandisi.

	MUNDARIJA	
	KIRISH	6
	I-BOB. MUQOBIL ENERGIYA MANBALARINI RIVOJLANISH BOSQICHLARI VA IMKONIYATLARI	10
1.1.	Elektr energiya olish turlari va tarmoqda qayta tiklanuvchi energiya manba'larining ulushi	10
1.2.	Quyosh energiyasidan foydalanishning xorijiy tajribalari	15
1.3.	O'zbekistonda quyosh energiyasidan foydalanish va uni rivojlantirishda innovatsion yondashuv	18
1.4.	Fotoelektrik batareyalar va qurilmalar texnologiyalarining rivojlanish tarixi	28
1.5.	Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirishning fizik asoslari	37
	Nazorat savollari	51
	II-BOB. FOTOELEKTRIK BATAREYALARNI TASHKIL QILUVCHI TUZULMALARNING XUSUSIYATLARI	53
2.1.	Fotoelektrik panellarini tayyorlash texnologiyasi	53
2.2.	Fotoelektrik batareyalarning volt amper tasnifi	62
2.3.	Fotoelektrik batareyalarning tayanch konstruksiyalarini tayyorlash	64
2.4.	Fotoelektrik stansiyalarining texnologik jarayonlarini loyixalash	68
2.5.	Fotoelektrik qurilmalarning butlovchi jixozlarini tanlash	70
2.6.	Fotoelektrik stansiyalar orqali binolarni yoritishda solishtirma quvvat usuli bo'yicha xisoblash	72
	Nazorat savollari	76
	III-BOB. FOTOELEKTRIK PANELLARINI TAYYORLASH QURILMALARI	77
3.1.	Fotoelektrik stansiyalarning tizimlarini hisoblash turlari	77
3.2.	Fotoelektrik stansiyalardagi invertorlarni xisoblash	85
3.3.	Quvvati 5 kVt bo'lgan fotoelektrik stansiya invertori uchun toroid shaklidagi transformatorni xisoblash	95
3.4.	Fotoelektrik stansiyalardagi quvvati 17 kVt bo'lgan impulsli kuchlanish stabilizatorini loyixalash va xisoblash	98
	Nazorat savollari	118
	IV-BOB. FOTOELEKTRIK STANSIYADA ELEKTR ENERGIYANI YIG'ISH VA UZATISHDA SAMARADORLIGINI HISOBLASH	119
4.1.	Fotoelektrik stansiyalardagi akkumlyatorlarni zaryadlash-razryadlash qurilmasi	119
4.2.	Fotoelektrik stansiyalardagi yordamchi qurilmalarning texnik xavfsizligini hisoblash	142
4.3.	Fotoelektrik bataretalar va qurilmalarni loyihalashning iqtisodiy asoslari	149
	Nazorat savollari	156
	Xulosa	157
	Adabiyotlar ro'yxati	164

KIRISH

O‘zbekiston respublikasining qonuni 21.05.2019 y. №O‘RQ-539 qayta tiklanuvchi energiya manba’laridan foydalanish to‘g‘risida Qonunchilik palatasi tomonidan 2019 yil 16 aprelda qabul qilingan Senat tomonidan 2019 yil 3 mayda ma’qullangan¹.

Qonunga muvofiq, qayta tiklanuvchi energiya manba’laridan foydalanish sohasidagi davlat siyosatining asosiy yo‘nalishlari quyidagilardan iborat:

-qayta tiklanuvchi energiya manba’laridan foydalanish sohasidagi ustuvor yo‘nalishlarni belgilash va chora-tadbirlarni amalga oshirish;

-qayta tiklanuvchi energiya manba’laridan foydalanish sohasidagi davlat dasturlarini va boshqa dasturlarni ishlab chiqish hamda amalga oshirish;

-mamlakatning energetika xavfsizligini mustahkamlash, yoqilg‘i-energetika balansining qayta tiklanuvchi energiya manba’laridan foydalangan holda elektr, issiqlik energiyasi va biogaz ishlab chiqarishga doir qismini diversifikatsiyalash;

-qayta tiklanuvchi energiya manba’laridan foydalanish sohasiga innovatsion texnologiyalarni, ilmiy-texnikaviy ishlanmalarni joriy etishni, qayta tiklanuvchi energiya manba’lari qurilmalarining energiya jihatdan samaradorligini oshirishni, ularning ishlab chiqarilishini kengaytirishni va mahalliyashtirishni rag‘batlantirish;

-qayta tiklanuvchi energiya manba’laridan foydalanishning sinab ko‘rilgan texnologiyalari asosida energiya ishlab chiqarish quvvatlarini yaratishga tadbirkorlik sub’ektlarini jalb etishning tashkiliy-huquqiy mexanizmlarini takomillashtirish;

-qayta tiklanuvchi energiya manba’laridan energiya ishlab chiqaruvchilarni, shuningdek qayta tiklanuvchi energiya manba’larining qurilmalarini ishlab chiqaruvchilarni davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlash va rag‘batlantirish;

-qayta tiklanuvchi energiya manba’laridan foydalanish sohasida xalqaro hamkorlikni rivojlantirish.

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi:

¹ Qonun hujжатlari maълumotlari миллий базаси (www.lex.uz), 2019 йил 22 май

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasida yagona davlat siyosati amalga oshirilishini ta'minlaydi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasidagi davlat dasturlarini tasdiqlaydi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasidagi fundamental, amaliy, innovatsion tadqiqotlarni rivojlantirish, shuningdek ilmiy-texnikaviy yutuqlarni targ'ib qilish uchun sharoitlar yaratadi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasida xalqaro hamkorlikni muvofiqlashtiradi.

Vazirlar Mahkamasi qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasida o'z vakolatlari doirasida:

Elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi tadbirkorlik sub'ektlarini yagona elektr energetikasi tizimiga ulash reglamentini;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan energiya ishlab chiqaruvchilarni, shuningdek qayta tiklanuvchi energiya manba'larining qurilmalarini ishlab chiqaruvchilarni davlat tomonidan qo'llab-quvvatlash tartibini;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan ishlab chiqariladigan energiya bozorida qulay raqobatbardoshlik hamda ishbilarmonlik muhiti shakllantirilishini rag'batlantiruvchi narx va tarif siyosatini;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'lari resurslarining davlat hisobini yuritish tartibini belgilab beruvchi normativ-huquqiy hujjatlarni qabul qiladi.

O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasidagi maxsus vakolatli davlat organidir.

Energetika vazirligi:

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasida yagona davlat siyosatini amalga oshiradi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasidagi davlat dasturlarini va boshqa dasturlarni ishlab chiqadi hamda amalga oshiradi;

-davlat va xo'jalik boshqaruvi organlarining qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasidagi faoliyatini muvofiqlashtiradi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasidagi texnik reglamentlarni, normalar va qoidalarni o'z vakolatlari doirasida ishlab chiqadi hamda tasdiqlaydi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasidagi davlat dasturlarining va boshqa dasturlarning bajarilishi yuzasidan monitoringni amalga oshiradi;

Vazirlar Mahkamasiga qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan energiya ishlab chiqaruvchilarni, shuningdek qayta tiklanuvchi energiya manba'larining qurilmalarini ishlab chiqaruvchilarni davlat tomonidan qo'llab-quvvatlashga, qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan ishlab chiqariladigan energiya bozorida narx va tarif siyosatiga doir masalalar yuzasidan takliflar kiritadi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'lari resurslarining, qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan ishlab chiqariladigan energiyaning va qayta tiklanuvchi energiya manba'lari qurilmalarining davlat hisobini yuritadi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasiga innovatsion texnologiyalar, ilmiy-texnikaviy ishlanmalar joriy etilishiga ko'maklashadi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish bo'yicha investitsiyaviy jozibadorlikni oshirish bo'yicha chora-tadbirlarni davlat-xususiy sheriklikni rivojlantirish, qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan ishlab chiqariladigan energiya bozorida qulay raqobatbardoshlik hamda ishbilarmonlik muhiti shakllantirilishini rag'batlantiruvchi narx va tarif siyosatini takomillashtirish asosida amalga oshiradi;

-iqtisodiyot tarmoqlariga va maishiy sektorga qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasidagi resurslarni va energiyani tejovchi ilg'or texnologiyalarni joriy etishni rag'batlantirish yuzasidan chora-tadbirlarni ishlab chiqadi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasida kadrlarni tayyorlash, qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirishni tashkil etadi;

-qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish sohasida xalqaro hamkorlikni amalga oshiradi.

“Quyosh elementlari, fotoelektrik batareyalar va ularning ishlab chiqarish texnologiyasi” fanning maqsad va vazifalari qayta tiklanuvchan elektr ta’minoti manba’larining tuzilishi, ishlash prinsipi, qo’llash sohalari, ishlab chiqarishdagi o’rni va shu bilan birgalikda turli xil tizimlarida noan’anaviy elektr ta’minoti manba’larini qo’llash va tadbiq qilish asoslari bo’yicha nazariy hamda amaliy bilimlarni oladi. Elektr ta’minoti uzluksizligini ta’minlovchi taklif qilingan usullar orasidan optimal variant tanlash imkonini beruvchi hisob-tahliliy tajribalar va kasb bilimini shakllantirish, shuningdek uzluksiz elektr ta’minoti tizimi elementlarini loyihalash, ularni elektr sxemalardagi ishlashlarini optimallashtirish to’g’risida kasbiy mahoratlarni mustahkamlashdan iborat.

I. BOB. MUQOBIL ENERGIYA MANBALARINI RIVOJLANISH BOSQICHLARI VA IMKONIYATLARI

1.1. Elektr energiya olish turlari va tarmoqda qayta tiklanuvchi energiya manba'larining ulushi.

Mamlakatimizda birinchi bo'lib qaytalanuvchi energiya manba'laridan biri bo'lgan suv energiyasidan foydalanish 1926 yili qurilgan. Bo'zsuv gidroelektrostansiyasini ishga tushirishdan boshlandi. O'tgan asrning 1987 yilida esa, 3000 °S dan ortiq issiqlik to'playdigan dunyoda eng katta quyosh pechi ishga tushirildi. Kichik quvvatli quyosh energetik qurilmalaridan respublikamizning barcha burchaklarida foydalanilmoqda. SHamol energiyasidan foydalanish nazariyasi va usullari 1950 yillarda ishlab chiqilgan bo'lib, Respublikamizda birinchi shamol energetik qurilmalaridan 1983 yilda, Navoiy viloyati Tomdi tumani chorvadorlari foydalana boshlashdi. CHorva mollarining go'ngi, qishloq xo'jalik mahsulotlarining qoldiqlari hisobiga biogaz ishlab chiqarish va undan foydalanish esa 1987 yillardan boshlab amalga oshirila boshladi. Mamlakatimizda noana'naviy va qayta tiklanuvchi energiya manba'lariga qiziqish va ulardan foydalanish, misli ko'rilmagan tusda o'ziga xos ravishda tobora ommalashib bormoqda. Noana'naviy va qayta tiklanuvchi energiya manba'lariga energetik ob'ektlar qurish va ulardan foydalanish uchun chet el va xalqaro banklarning investitsiyalari kiritilmoqda. Noana'naviy va qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish to'g'risida birinchi Prezidentimizning 1995 yil 28 dekabrda 476- sonli «O'zbekiston Respublikasida kichik gidroenergetikani rivojlantirish haqida»gi, 2001 yil 22 fevralda «Energetikada iqtisodiy islohatlarni chuqurlashtirish to'g'risida»gi hamda 2013 yil 1 martdagi «Muqobil energiya manba'larini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Farmonlari qabul qilindi. Noana'naviy va qayta tiklanuvchi energiya manba'lariga quriladigan energetik ob'ektlarda loyiha-qidiruv ishlarini olib borish, loyihalash, qurish, ekspluatatsiya qilish, ta'mirlash va rekonstruksiya qilish uchun albatta chuqur bilimga ega bo'lgan raqobatbardosh mutaxassislarni tayyorlash davr taqozasi hisoblanadi.

Bugungi kunda, butun dunyoda bo'lgani kabi, O'zbekistonda ham tabiiy boyliklarni tejash va ishlab chiqarish tarmoqlariga ekologik sof texnologiyalarni joriy etish masalasiga alohida e'tibor qaratilmoqda. Chunki bu ham iqtisodiy barqarorlikka erishish, ham atrof-muhitga salbiy ta'sirlarni kamaytirishda juda muhim omil hisoblanadi. Shu ma'noda aytganda, birinchi Prezidentimizning 2013 yil 1 martdagi "Muqobil energiya manba'larini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Farmoni o'z vaqtida qabul qilingan tarixiy ahamiyatga ega hujjatdir. Muqobil va qayta tiklanuvchi energiya manba'larining afzalliklari haqida so'z yuritishdan avval jahon energetikasidagi hozirgi ahvol xususida qisqacha to'xtalib o'tamiz. Xalqaro tashkilotlarning hisob-kitoblariga ko'ra, iqtisodiy taraqqiyot tufayli 2030 yilga borib energetikaga bo'lgan talab asrimiz boshidagiga nisbatan 50 foizdan ziyodroqqa o'sadi va umumiy ehtiyoj 23,27 milliard tonna shartli yoqilg'ini tashkil qiladi. Demakki, o'z-o'zidan atrof-muhitga salbiy ta'sir ham kuchayib boradi. Ayni paytda jahonda ishlab chiqarilayotgan barcha energiyaning 10,2 foizi qayta tiklanuvchi energiya manba'lari hisobiga to'g'ri kelayapti. 2050 yilga borib esa uning ayrim turlaridagi ulushi 70 foizdan oshishi kutilmoqda. Bu birgina korxonalar tomonidan ekologiyaga chiqarilayotgan zararli chiqindilarni 500 milliard tonnaga kamaytirish imkonini beradi. Zero, kam uglerodli energetikani rivojlantirishdan maqsad ham bug' gazlarining havoga ko'tarilishi ortayotgani tufayli yuzaga kelayotgan global muammolarni hal etishdan iboratdir. Ko'zda tutilgan rejaga muvofiq, masalan, 2020 yilga borib bunday gazlar miqdorini 20-25 foiz, 2040 yilda 40 foiz, 2060 yilda esa 50-60 foizga ozaytirish mo'ljallangan. Ma'lumki, O'zbekiston yoqilg'i-energetika resurslari bo'yicha o'z ehtiyojini to'la ta'minlay oladigan davlatdir. Hozirgi vaqtda bu ta'minotning asosiy qismini, ya'ni qariyb 80 foizini tabiiy gaz, 7,6 foizini neft, 5 foizdan ortig'ini ko'mir tashkil etadi.

Mamlakatimiz muqobil va qayta tiklanuvchi energiya manba'lari bo'yicha ham ulkan salohiyatga ega. Jumladan, yurtimiz hududiga tushadigan quyosh energiyasi hamda hosil bo'ladigan nazariy quvvat miqdori 6 milliard 750 million tonna shartli yoqilg'iga teng. Bu mavjud qayta tiklanmaydigan resurslar zaxirasiga

nisbatan uch barobar ko'pdir. 2011 yilning asosiy yakunlari va 2012 yilda O'zbekistonni ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga bag'ishlangan Vazirlar Mahkamasi majlisidagi ma'ruzada tabiiy resurslardan samarali foydalanish masalasiga alohida e'tibor qaratib, muqobil energiya resurslarini izlash va joriy etish ishlarining talab darajasida emasligini, ushbu sohada zudlik bilan hal etilishi lozim bo'lgan muammolar to'planib qolganini alohida ta'kidlab o'tgan edilar. Ana shu tanqidiy fikrlar tadqiqotlarni rivojlantirish va istiqbolli, deb topilgan ilmiy ishlanmalarni amaliyotga tezroq joriy etish mas'uliyatini yanada oshirdi. CHindan ham, yurtimizda muqobil va qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan foydalanish imkoniyatlari katta. Aytaylik, respublikamizda yilning asosiy qismi quyoshlidir. Uning quvvati 50 trillion 973 million tonna shartli yoqilg'iga teng bo'lib, bu mamlakatimizda aniqlangan jami energiya zaxiralariga nisbatan ancha ko'pdir. To'g'ri, muqobil energiya manba'laridan, eng avvalo, quyosh energiyasidan foydalanish sohasida ilmiy va eksperimental tadqiqotlar olib borish borasida O'zbekistonda muayyan tajriba to'plangan. Ular yuzasidan ishlanmalar qilinayapti. Xususan, Fanlar akademiyasi "Fizika-Quyosh" ilmiy-ishlab chiqarish birlashmasining tadqiqotlari natijalari jahon miqyosida e'tirof etilgan. Issiq suv va issiqlik ta'minoti uchun past potentsialli qurilmalarni yaratish, elektr quvvati olish uchun fotoelektrik va termodinamik o'zgartkichlar, maxsus materiallar sintezi texnologiyalarida, materiallar va konstruksiyalarga termik ishlov berishda quyosh energiyasidan foydalanish bo'yicha ilmiy tadqiqot va tajriba-konstruktorlik ishlari, ayniqsa, faol va samarali davom etmoqda. Respublikada quyosh energiyasi bilan suv isitadigan qurilmalar asosida uy-joylar hamda ijtimoiy ob'ektlarni issiq suv bilan ta'minlash tizimlari ishlab chiqilmoqda va ulardan tajriba tariqasida foydalanilmoqda. Olimlar oldida turgan vazifa innovatsion ilmiy ishlanmalarni iqtisodiyotning turli tarmoqlariga keng tatbiq qilish, fan, texnologiya va iqtisodiyot rivojlanishining uyg'unligini ta'minlashdan iboratdir. Fikrimizcha, innovatsion ishlab chiqarishning rivojlanishida elektr va issiqlik energetikasi resurslarini tejash texnologiyalarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi. Respublikamiz sharoitida, ayniqsa, bu

sohada quyosh batareyalari, shamol va mikrogidroenergetik qurilmalar kabi energiyani tiklash manba'larining keng ko'lamda joriy qilinishi kutilgan samarani berishi, shubhasiz. Sababi, agar mamlakatimiz eng ko'p quyoshli kunlarga ega mintaqada ekanligini hisobga oladigan bo'lsak, joylarni isitishda quyosh kollektorlaridan foydalanishga o'tilsa, bu bilan iqtisodiyot hamda energetika tizimida katta yutuqqa erishgan bo'lardik. Qayd etish kerakki, qayta tiklanuvchi energiya manba'laridan samarali foydalanish hamda quyosh energiyasida ishlaydigan ulkan ob'ektlarni qurish uchun muayyan er maydonlari talab qilinadi. Chunki 1 MVt elektr energiyasi hosil qilish uchun 40 gektar maydonga, 100 MVt quvvat uchun esa 400 gektardan ortiq erga quyosh qurilmalarini o'rnatish zarur. Shuning uchun respublikamizda muqobil va qayta tiklanadigan energetikaning barcha yo'nalishlari bo'yicha alohida texnologiya va texnologik baza yaratilishi kerak. O'zbekistondagi yana bir qayta tiklanuvchi energiya manba'i, bu - gidroenergiya resurslari bo'lib, uning salohiyati boshqalariga nisbatan ancha chuqur o'rganilgan. Quyidagi raqamga e'tibor bering: mamlakatimizdagi katta-kichik daryolarning energiya hosil qilish quvvati $107,1 \times 10^6$ ming kVt $\times$ soatga teng. Qolaversa, muqobil energiya sohasida biomassadan foydalanish bo'yicha ham ko'plab loyihalar amalga oshirilayapti.

Qayta tiklanadigan energiya manba'laridan olinadigan iqtisodiy samaralar. Qayta tiklanadigan energiya manba'si, tabiiy energiya xususiyatiga ega bo'lgan, keng mezonidagi tabiat manba'sidir. Shunga qaramay, qayta tiklanadigan energiya manba'i sirli tayoqcha emas, energiya olishning barcha masalasini hal etmaydi, qancha ko'p bu manba'dan foydalanar ekanmiz, shuncha neft, tabiiy gaz, ko'mirdan foydalanish qisqaradi, atrof-muhitning ifloslanish va issiqxona gazlarining atmosferaga tarqalishi kamayadi, shu bilan birga ish joylari ko'payadi.

Qayta tiklanadigan energiya manba'lari tuman va qishloqlar uchun katta imkoniyatlar eshigini ochadi. Jumladan, yangi ish joylari tashkil etilib, daromad manba'lari paydo bo'ladi, hududning soliq bazasi kengayadi.

Qayta tiklanadigan energiya katta potensialga ega, toza atrof-muhitni tegishli talabni qondiradi, sof atrof-muhitni yaratadi, yaxshi ish joylari yaratilishiga va investitsiya qo'yishga qulay sharoitlar yaratiladi. Qishloq aholisi bunday qayta tiklanadigan energiya manba'si yaratilishidan katta foyda ko'radi.

SHunday rivojlanish qishloq aholisiga zamonaviy energiya shaklini olishga imkoniyat hosil qiladi. SHamol, quyosh, geotermal elektr stansiyalari, katta bo'lmagan gidrostansiyalari shuningdek, biomassalar, qishloq maishiy sohasiga elektr energiyasini beradi. Quyosh energetikasi va quyosh bilan suv isitish qishloq aholisining arzon zamonaviy energiya manba'si bilan ta'minlashi mumkin. Jumladan, 2011 yilning boshida aholiga Toshkent viloyatidagi tabiiy gaz tarqatuvchi korxonalar 1 m³ tabiiy gazni 67 so'm 50 tiyin deb belgilangan narxda sotayotgan edi. Agar 5–6 kishilik bir oila yashayotgan uyining isitish maydoni o'rtacha 60 m² bo'lsa, tabiiy gazga sarf-xarajat 1 yilga (yoz oyida – 15000 so'm, 6 oy = 90000 so'm; qish davriga 80000 so'm, 6 oy = 480000 so'm) qish va yoz uchun 570 ming so'm sarflangan.

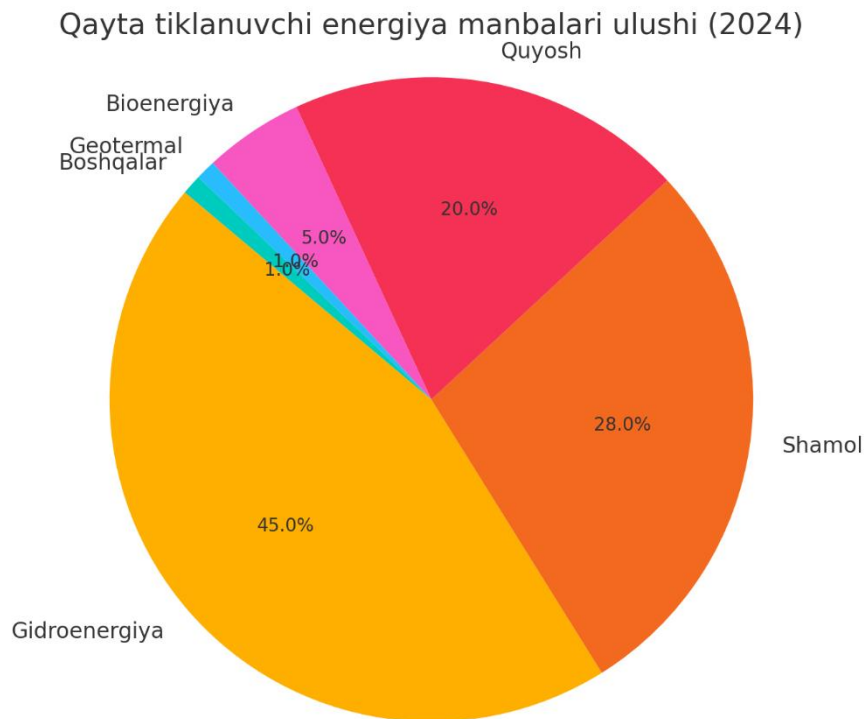
«Ixlos Biznes Baraka» xususiy korxonasining sarf-xarajatlari bo'yicha qilingan hisob-kitoblarga ko'ra, biogazdan foydalanilganda, uning 1 m³ sotuvga 30 so'm atrofida bo'lib, 1 yilning qish va yoz oylariga (yozda – 9000 so'm, 6 oy = 54000 so'm, qishda 30000 so'm, 6 oy = 180000 so'm) 234000 ming so'mni tashkil etgan. Demak, biogazdan foydalanishning iqtisodiy samarasi 2,5 barobar arzonligi aniqlandi.

SHuningdek, chiqindidan biogaz olish davomida hosil bo'lgan bioo'g'itning 1 kilogrammini 150 so'mdan sotish mumkin bo'lgan. SHu kunlarda do'konlarda sotilayotgan bioo'g'itning 1 kilogrammi 500 so'm, mineral o'g'itning 1 kilogrammi esa 5000 so'mni tashkil qilgan.

Bir kunda ishlab chiqariladigan bioo'g'it 140 kg atrofida bo'lib, 21000 so'mni tashkil etgan. Arzon xom ashyo chiqindidan olinayotgan biogaz va bioo'g'it, amaldagi tabiiy gaz va o'g'itlardan 3–4 barobar arzonga tushgan.

Mamlakatimizda energiya iste'molini kamaytirish va uni tejashning samarali tizimini joriy etishga muhim vazifa sifatida e'tibor qaratib kelinmoqda. Bu borada

qayta tiklanuvchan energiya manba'laridan foydalanish jarayonida tejamkor, zamonaviy texnologiyalarni qo'llash ko'lami kengayib bormoqda. O'tgan 2010 yilning o'zida Qoraqalpog'iston Respublikasi, Buxoro, Samarqand, Jizzax, Namangan, va Sirdaryo viloyatlarida ko'plab quyosh stansiyalari, Toshkent, Jizzax, Andijon va Qashqadaryo viloyatlarida esa biogaz qurilmalari o'rnatildi.



1.2. Quyosh energiyasidan foydalanishning xorijiy tajribalari

Quyosh energiyasi bugungi kunda global miqyosda eng tez sur'atlar bilan rivojlanayotgan qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biri hisoblanadi. Uning toza, cheksiz va geografik jihatdan keng mavjudligi uni barqaror energetik strategiyalarning ajralmas qismiga aylantirgan. Xususan, sanoatlashgan va energetik iste'moli yuqori bo'lgan davlatlar ushbu manbani faol o'zlashtirib, energetik mustaqillik, ekologik xavfsizlik va iqtisodiy barqarorlikni ta'minlashda muhim qadamlar tashlamoqda. Quyosh energiyasidan foydalanishda ilg'or tajribalarga ega bo'lgan davlatlar — Germaniya, AQSh, Xitoy va Hindiston — bu borada dunyo miqyosida yetakchilik qilmoqda. Ularning yondashuvi texnologik investitsiyalar, davlat siyosati, subsidiyalar va aholining faolligini o'z ichiga olgan kompleks

modelga asoslanadi.

Quyosh energiyasidan foydalanuvchi yetakchi davlatlar: Germaniya, Xitoy, AQSh, Hindiston

Germaniya qayta tiklanuvchi energiya bo'yicha Yevropaning eng ilg'or davlatlaridan biridir. "Energiewende" ("energiya burilishi") nomi bilan mashhur milliy strategiyasi doirasida Germaniya 2000-yillardan buyon atom energetikasidan bosqichma-bosqich voz kechib, qayta tiklanuvchi manbalarni joriy qilishga katta e'tibor qaratdi. Quyosh energiyasi bu strategiyaning markazida turadi.

- ✓ 2024-yil holatiga ko'ra, Germaniyada o'rnatilgan quyosh panellarining umumiy quvvati 75 GW dan oshdi.
- ✓ Mamlakatdagi uy xo'jaliklarining 20% dan ortig'i o'z tomida quyosh panellari o'rnatgan.
- ✓ Davlat tomonidan moliyalashtiriladigan "Feed-in Tariff" tizimi orqali aholi ishlab chiqargan elektrni markaziy tarmoqqa sotishi mumkin.

Xitoy — quyosh energiyasi sohasida jahon yetakchisi. Bu davlat faqat quyosh panellari ishlab chiqarishda emas, balki ularni o'rnatishda ham dunyodagi eng katta hajmga ega. Xitoy hukumati sanoat siyosatini qayta tiklanuvchi energiyaga yo'naltirgan.

- ✓ Xitoyda o'rnatilgan quyosh energetikasi quvvati 430 GW (2024) dan oshgan, bu global hajmning 30% dan ko'prog'ini tashkil etadi.
- ✓ Quyosh panellari ishlab chiqarishda dunyo bozorining 80% dan ortig'ini egallaydi.
- ✓ Davlat sarmoyasi va subsidiyalari yirik quyosh fermalarining tezkor qurilishiga imkon bergan. Ayniqsa, cho'l va bo'sh turgan hududlar faol o'zlashtirilgan (masalan, Tengger Desert).

AQShda quyosh energiyasining rivojlanishi asosan xususiy sektorning faolligi, texnologik innovatsiyalar va mahalliy hukumatlar siyosati bilan bog'liq. AQShning quyosh bozorida California, Texas, Nevada, Arizona kabi shtatlar yetakchilik qiladi.

- ✓ 2024-yil holatida AQShda quyosh quvvati ~150 GW atrofida.
- ✓ Tesla kabi kompaniyalar quyosh panellari, energiya saqlash tizimlari

(Powerwall) va “smart-grid” texnologiyalarni keng joriy qilgan.

- ✓ Federal va shtat darajasidagi soliq imtiyozlari, kredit dasturlari quyosh texnologiyalarining ommalashishiga katta turtki bo‘lmoqda.

Hindiston iqlim va demografik imkoniyatlari tufayli quyosh energiyasini keng miqyosda joriy etayotgan rivojlanayotgan davlatdir. 2015-yildan boshlab boshlangan “National Solar Mission” dasturi orqali mamlakat quyosh bo‘yicha dunyoning eng yirik bozorlariga aylandi.

- ✓ Quyosh energetikasidagi maqsad: 2030-yilgacha 280 GW quvvatga erishish.
- ✓ Rewa Solar Project va Bhadla Solar Park-jahon miqyosida eng yirik quyosh fermalari.
- ✓ Kam daromadli aholiga subsidiya asosida quyosh panellari o‘rnatish tizimi mavjud.

Davlat siyosati, subsidiyalar, quyosh texnologiyalarini rivojlantirish dasturlari Quyosh energiyasining ommalashuvi va rivojlanishida eng muhim omillardan biri bu davlat siyosati. Hukumatlar tomonidan ishlab chiqilgan strategiyalar, iqtisodiy rag‘batlantirish mexanizmlari va subsidiyalar yordamida quyosh texnologiyalarining kirib kelish sur‘ati keskin oshgan. Quyosh energiyasining uzoq muddatli rentabelligi ko‘p jihatdan ushbu siyosiy yondashuvlarning samaradorligiga bog‘liq.

Germaniya quyosh energiyasi bo‘yicha eng samarali siyosiy modelni yaratgan davlatlardan biridir. U 2000-yillarda boshlangan “Energiewende” dasturi orqali “Feed-in Tariff” (elektrni davlat tomonidan belgilangan narxda sotib olish) tizimini joriy etdi. Har qanday fuqaro yoki korxona quyosh paneli o‘rnatib, ortiqcha ishlab chiqargan elektrni tarmoqqa sotsa bo‘ladi.

Belgilangan tariflar 20 yilgacha kafolatlanadi.

Bu model quyosh texnologiyalariga sarmoya jalb qilishni ancha xavfsiz va jozibador qilgan.

Xitoyda quyosh energiyasi rivojlanishi markazlashtirilgan davlat nazorati ostida olib boriladi. Quyosh panellari ishlab chiqarish, eksport va o‘rnatishning deyarli barcha bosqichlari davlat dasturlari orqali moliyalashtiriladi.

“Top Runner” dasturi-yuqori samaradorlikka ega panellarni ishlab chiqarishni

rag‘batlantiradi.

“Solar PV Poverty Alleviation”-qishloq joylarda kambag‘allikni kamaytirish uchun quyosh panellari o‘rnatish tashabbusi.

AQShda quyosh energiyasi asosan bozor mexanizmlari orqali rivojlangan. Biroq, federal va shtat darajasida keng ko‘lamli rag‘batlar mavjud:

Investment Tax Credit (ITC): Quyosh tizimiga sarmoya qilganlar uchun 30% gacha soliqlardan ozod bo‘lish imtiyozi (2025-yilgacha uzaytirilgan).

Net metering tizimi: iste’molchi elektr ishlab chiqarib, foydalanmagan qismini tarmoqqa yuboradi va keyinchalik undan kredit sifatida foydalanadi.

Kaliforniya, Texas va boshqa shtatlarda energiya kompaniyalari o‘z mijozlariga quyosh panellari uchun bepul yoki arzon kredit asosida paketlar taklif qiladi.

Hindiston 2010-yilda boshlangan Jawaharlal Nehru National Solar Mission orqali quyosh energetikasini rivojlantirishni davlat strategiyasiga aylantirdi. Ushbu tashabbus quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- Quyosh elektrostansiyalarini qurish uchun er solig‘i imtiyozlari.
- Kam daromadli aholi uchun quyosh panellarini o‘rnatishga bevosita subsidiya.
- Davlat tomonidan tender asosida ajratiladigan grantlar va eksport-import banki orqali kreditlar.

Moliyaviy rag‘batlar: soliq imtiyozlari, sarmoya uchun grantlar, kreditlar.

Infratuzilmaviy yordam: tarmoqqa ulanish imkoniyatlarini yengillashtirish.

Texnologik tadqiqotlar: ilmiy markazlarga davlat grantlari.

Bugungi kunda quyosh energiyasi rivojlangan har bir davlatda, turli shakllarda bo‘lsa-da, moliyaviy, institutsional va texnologik yondashuvlar birgalikda olib boriladi. Bu esa uzoq muddatda narxlarning pasayishiga, texnologiyalar samaradorligining oshishiga va aholining ushbu tizimlarga ishonchining ortishiga olib kelmoqda.

1.3. O‘zbekistonda quyosh energiyasidan foydalanish va uni rivojlantirishda innovatsion yondashuv

Energiya resurslariga bo‘lgan talabning ortib borayotgani va ekologik

muammolarning keskinlashuvi fonida quyosh energiyasi — muqobil va barqaror energiya manbai sifatida alohida ahamiyat kasb etmoqda. O‘zbekiston ham ushbu global tendentsiyalardan chetda qolmay, quyosh energiyasidan foydalanishni rivojlantirish bo‘yicha qator chora-tadbirlarni amalga oshirmoqda. Bu bobda ushbu jarayonning asosiy bosqichlari, mavjud salohiyat, innovatsion yondashuvlar va istiqbollar tahlil qilinadi.

Quyosh energiyasi insoniyat uchun eng qadimiy energiya manbalaridan biri hisoblanadi. Hozirgi kunga kelib, texnologik taraqqiyot tufayli quyosh energiyasini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantirish imkoniyati yaratildi. Quyosh panellari yoki fotovoltaiik modullar yordamida quyosh nuri to'g'ridan-to'g'ri elektr tokiga aylantiriladi. Shu bilan birga, issiqlik energiyasidan foydalanish imkoniyati ham mavjud. Masalan, quyosh kollektorlari yordamida issiqlik ishlab chiqarilib, issiq suv ta'minoti yoki isitish tizimlarida qo'llaniladi. Quyosh energiyasi toza bo‘lib, karbonat angidrid chiqindilarini kamaytiradi, bu esa iqlim o‘zgarishining oldini olishga xizmat qiladi. Shuningdek, bu energiya manbai yerning istalgan nuqtasida, ayniqsa, quyoshli hududlarda, mustaqil ravishda ishlatilishi mumkin.

Quyosh energiyasi — bu Quyosh nurlanishidan olinadigan, toza va yangilanadigan energiya manbai bo‘lib, ekologik jihatdan xavfsiz, kam xarajatli va uzoq muddatda iqtisodiy foydali hisoblanadi. U issiqlik, yorug‘lik va fotovoltaiik (PV) texnologiyalar yordamida elektr energiyasiga aylantiriladi.

O‘zbekiston o‘zining iqlimiy va geografik sharoitlari bilan quyosh energiyasini keng miqyosda ishlab chiqarish uchun katta salohiyatga ega mamlakatlardan biridir. Respublika bo‘ylab yiliga o‘rtacha 3000 soat quyosh nuri kuzatiladi, bu esa yiliga 5,5-6,0 kVt/soat/m² quyosh energiyasini olish imkonini beradi. Quyosh radiatsiyasining bu darajasi Markaziy Osiyo mintaqasida eng yuqori ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, Navoiy, Buxoro, Qashqadaryo, Surxondaryo va Samarqand viloyatlari quyosh energiyasining intensivligi bo‘yicha ajralib turadi. Bu hududlarda zamonaviy quyosh panellari orqali elektr energiyasi ishlab chiqarish texnik va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqdir.

O‘zbekiston quyosh energiyasi sohasida bir necha yirik loyihalarni amalga

oshirmoqda. Ulardan eng muhimlaridan biri bu Navoiy viloyatidagi 100 MVt quvvatga ega bo'lgan quyosh elektr stansiyasidir. Ushbu loyiha Birlashgan Arab Amirliklarining Masdar kompaniyasi bilan hamkorlikda amalga oshirilgan. Shuningdek, Samarqand va Jizzax viloyatlarida 220 MVt va 100 MVt quvvatga ega quyosh stansiyalari qurilishi boshlangan. Bu stansiyalar zamonaviy fotovoltaik panellar bilan jihozlangan bo'lib, avtomatik monitoring tizimlari yordamida energiya ishlab chiqarish jarayoni nazorat qilinadi.

O'zbekiston geografik joylashuvi va iqlim sharoiti tufayli quyosh energiyasidan keng foydalanish imkoniyatiga ega. Respublika bo'ylab quyoshli kunlar soni yiliga 3000 dan ortiqni tashkil qiladi, bu esa yiliga o'rtacha 5,5-6,0 kVt/soat/m² energiya olish imkonini beradi. Xususan, Navoiy, Buxoro, Qashqadaryo viloyatlari yuqori salohiyatli hududlar qatoriga kiradi.

So'nggi yillarda quyosh energiyasi texnologiyalari sezilarli darajada rivojlanib bormoqda. O'zbekistonda quyosh panellarining samaradorligi 18-22% atrofida bo'lib, yangi avlod texnologiyalari esa bu ko'rsatkichni 25% ga yetkazmoqda. Shuningdek, sun'iy intellekt (AI) asosida ishlovchi energiyani optimallashtirish tizimlari, 'Internet of Things' (IoT) qurilmalari yordamida panellarni masofaviy monitoring qilish imkoniyatlari kengaymoqda. Tozalash tizimlari ham avtomatlashtirilib, chang va iflosliklar tufayli energiya yo'qotilishini kamaytirish imkonini bermoqda. Mahalliy startaplar tomonidan ishlab chiqilgan quyosh tahlil dasturlari yordamida panellarni joylashtirish va sozlash yanada osonlashmoqda.

O'zbekiston so'nggi yillarda qayta tiklanuvchi energiya, ayniqsa quyosh energiyasini rivojlantirish borasida jadal sur'atda ishlamoqda. Energiya xavfsizligi, ekologik barqarorlik va iqtisodiy samaradorlikni ta'minlash maqsadida hukumat xalqaro moliyaviy institutlar, investorlar va texnologik kompaniyalar bilan hamkorlikda yirik loyihalarni amalga oshirmoqda.

O'zbekistondagi ilk yirik quyosh elektr stansiyalaridan biri bu — Masdar (BAA) kompaniyasi bilan hamkorlikda qurilgan Nur Navoi quyosh elektr stansiyasi hisoblanadi. Ushbu stansiya 2021-yil dekabr oyida ishga tushirilgan va yiliga o'rtacha 260 million kVt/soat elektr energiyasi ishlab chiqaradi, bu esa 31 mingdan ortiq

xonadonlarni ta'minlashga yetadi. Bu loyiha orqali har yili 160 ming tonna karbonat angidrid (CO₂) chiqindilari kamayadi. (Manba: O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi, Masdar Clean Energy Reports (2022). 2023-yil iyun oyida TotalEnergies (Fransiya) va Masdar kompaniyalari tomonidan Samarqand va Jizzax viloyatlarida yig'indi quvvati 440 MVt bo'lgan quyosh stansiyalarining qurilishi boshlangan. Qurilish 2024-yil oxirigacha yakunlanadi. Bu stansiyalar ishga tushgach, yiliga 1 milliard kVt/soat dan ortiq elektr energiyasi ishlab chiqarilishi rejalashtirilgan. (Manba: World Bank Renewable Outlook (2023), energetika.uz)

2024-yil boshida ACWA Power (Saudiya Arabistoni) kompaniyasi bilan Qoraqalpog'iston Respublikasida 500 MVt quvvatga ega quyosh stansiyasi qurilishi bo'yicha shartnoma imzolandi. Bu loyiha Markaziy Osiyodagi eng yiriklaridan biri bo'lib, 2026-yilga qadar ishga tushiriladi. Loyihaning umumiy qiymati \$500 million atrofida bo'lib, to'liq moliyalashtirish xalqaro kreditlar orqali amalga oshirilmoqda.

Yirik stansiyalar qurilishi bilan birga, quyosh panellari, inverterlar va boshqa komponentlarning mahalliy ishlab chiqarilishi ham yo'lga qo'yilmoqda. Nurafshon shahrida yiliga 50 MVt quyosh panellarini yig'ish quvvatiga ega zavod faoliyat boshlagan. Bu, bir tomondan, tashqi bog'liqlikni kamaytirs, ikkinchi tomondan ish o'rinlari yaratadi va texnologik mustaqillikni kuchaytiradi. O'zbekistonda ishlab chiqarilayotgan quyosh energiyasi milliy energetika tizimiga integratsiyalashmoqda. UzGrid kompaniyasi tomonidan "aqlli tarmoqlar" (smart grid) texnologiyalari joriy etilmoqda. Bu orqali energiya ishlab chiqarish va iste'mol o'rtasidagi muvozanat saqlanadi. Shuningdek, energiya saqlovchi akkumulyator tizimlari (BESS – Battery Energy Storage Systems) qurilishi boshlanmoqda, bu esa tarmoqdagi barqarorlikni oshiradi.

O'zbekistonda quyosh energiyasi sohasidagi amaldagi loyihalar mamlakatning energetika sektorida tub o'zgarishlar bo'layotganidan dalolat beradi. Navoiy, Samarqand, Jizzax, Qoraqalpog'iston kabi hududlarda joriy etilgan yirik quyosh elektr stansiyalari nafaqat elektr ta'minotining barqarorligini ta'minlamoqda, balki iqlim o'zgarishining oldini olishda ham muhim rol o'ynamoqda. Xalqaro investitsiyalar va texnologik hamkorliklar orqali amalga oshirilayotgan ushbu

loiyahalar O‘zbekistonning "yashil energiya" siyosatini mustahkamlaydi. Shu bilan birga, mahalliy infratuzilmaning rivojlanishi — xususan, quyosh panellarini yig‘ish, energiya saqlash tizimlarini joriy etish va aqlli tarmoqlarni yaratish — milliy texnologik suverenitetni oshirishga xizmat qiladi.

Kelgusida bu loiyhalarning muvaffaqiyati, bir tomondan, zamonaviy texnologiyalarni joriy etish, ikkinchi tomondan esa energetika tizimining institutsional islohotlari va kadrlar salohiyati bilan chambarchas bog‘liq bo‘ladi. O‘zbekiston bu borada uzoq muddatli istiqbolga ega va quyosh energiyasi orqali barqaror, ekologik va iqtisodiy jihatdan foydali energiya modelini shakllantirmoqda. Quyosh energiyasini rivojlantirish jarayonida innovatsion texnologiyalar muhim rol o‘ynaydi. Chunki faqat an‘anaviy yechimlar bilan cheklanib qolish, energiya ishlab chiqarish samaradorligini pasaytiradi va iqtisodiy jihatdan raqobatbardoshlikni kamaytiradi. Bugungi kunda O‘zbekiston quyosh energiyasi tizimlarini takomillashtirishda ilg‘or texnologiyalar va zamonaviy boshqaruv yondashuvlaridan faol foydalanmoqda.

So‘nggi yillarda O‘zbekistonda o‘rnatilayotgan quyosh panellari samaradorlik ko‘rsatkichi bo‘yicha jahon andozalariga moslasha boshladi. Ilg‘or ishlab chiqaruvchilar tomonidan taqdim etilgan monokristallik panellar 20–22% samaradorlikka ega bo‘lib, ba’zi tajriba namunalarida bu ko‘rsatkich 25% gacha yetmoqda. Bundan tashqari, ikkita tomonlama (bifacial) quyosh panellari ham sinov tariqasida o‘rnatilmoqda. Bunday panellar yer yuzasidan qaytgan nurni ham ushlab, umumiy ishlab chiqariladigan energiyani 8–15% gacha oshiradi.

Quyosh panellarining ishlash samaradorligi ularning tashqi tozaligi bilan bevosita bog‘liq. O‘zbekiston kabi changli va quruq iqlim sharoitida bu holat ayniqsa dolzarbdir. Shu sababli, avtomatlashtirilgan tozalash robotlari (robotic panel cleaning systems) joriy etilmoqda. Bu tizimlar yordamida panellar kundalik asosda suv ishlatmasdan tozalanadi, bu esa suv resurslarini tejaydi va texnik xizmat xarajatlarini kamaytiradi.

Bundan tashqari, har bir panelga ulangan aqlli sensorlar yordamida harorat, ishlab chiqarish quvvati va boshqa parametrlar real vaqtda kuzatib boriladi.

Ma'lumotlar markaziy serverda to'planib, sun'iy intellekt (AI) algoritmlari orqali tahlil qilinadi va nosozliklar aniqlanadi. Quyosh energiyasi asosan kunduzgi soatlarda ishlab chiqariladi, lekin iste'mol esa tun-u kun davom etadi. Shuning uchun energiyani samarali saqlab turish va tarmoqqa uzatish texnologiyalari zarur bo'ladi. Hozirgi vaqtda BESS (Battery Energy Storage Systems) tizimlari orqali elektr energiyasining ortiqcha qismi zamonaviy akkumulyatorlarda saqlanib, yuklamaning yuqori bo'lgan soatlarida tarmoqqa uzatiladi. Litiy-ion texnologiyasiga asoslangan bu tizimlar energiya xavfsizligini oshiradi, tebranishlarni bartaraf etadi va stansiyaning mustaqilligini ta'minlaydi.

Innovatsion yondashuvlardan yana biri bu — "aqlli energetika tarmog'i" konsepsiyasidir. Bu texnologiya quyosh stansiyalarini yagona boshqaruv tizimiga integratsiya qilib, real vaqtda ma'lumotlar almashinuvi va energiya oqimini avtomatik tartibga solish imkonini beradi. "Smart Grid" orqali energiya isrofgarchiligi kamayadi, favqulodda holatlarning oldi olinadi va ishlab chiqaruvchi bilan iste'molchi o'rtasida bevosita aloqalar shakllanadi O'zbekistonda quyosh energetikasi bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari ham bosqichma-bosqich yo'lga qo'yilmoqda. Toshkent davlat texnika universiteti, Turin politexnika universiteti va boshqa ilmiy muassasalar tomonidan quyosh panelining optimal burchaklarini hisoblovchi dasturiy ta'minotlar, yer sharoitiga mos PV modellarini ishlab chiqish, texnik iqtisodiy tahlillar kabi loyihalar olib borilmoqda. Mahalliy startaplar tomonidan ishlab chiqilgan SolarGIS O'zbekiston platformasi esa quyosh intensivligini taxminlash, joy tanlash va rentabellikni hisoblash imkonini beradi.

Innovatsion texnologiyalar va zamonaviy boshqaruv yondashuvlari O'zbekistonda quyosh energiyasidan foydalanish samaradorligini sezilarli darajada oshirmoqda. Yuqori samarali PV panellar, aqlli monitoring va tozalash tizimlari, energiyani saqlash texnologiyalari va "aqlli tarmoq" yechimlari nafaqat texnik, balki iqtisodiy va ekologik jihatdan ham muhim yutuqlarni ta'minlamoqda. Shu bilan birga, mahalliy innovatsiyalar va ilmiy-tadqiqot ishlari energetik suverenitetga erishish yo'lida muhim asos bo'lib xizmat qilmoqda. Kelgusida ushbu texnologiyalarning keng joriy etilishi bilan O'zbekiston nafaqat mintaqaviy, balki

global miqyosda “yashil energetika” liderlaridan biriga aylanishi mumkin.

Quyosh energiyasini rivojlantirishda O‘zbekiston Respublikasi hukumati tomonidan ishlab chiqilgan siyosiy yo‘nalishlar, qonunchilik asoslari va tartibga soluvchi hujjatlar muhim rol o‘ynaydi. Energetika tizimini modernizatsiyalash, ekologik barqarorlikni ta‘minlash va xalqaro majburiyatlarni bajarish yo‘lida davlat tomonidan qabul qilingan qonunlar, konsepsiyalar va farmonlar quyosh energiyasi sohasini rivojlantirishga huquqiy poydevor yaratdi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-yanvardagi PF–5921-sonli Farmoni bilan tasdiqlangan "2020–2030 yillarda O‘zbekiston Respublikasining energetika strategiyasi" qayta tiklanuvchi energiya manbalarini, xususan, quyosh energiyasini rivojlantirishni milliy strategik maqsad sifatida belgilab berdi. Ushbu strategiyada quyosh elektr stansiyalarini qurish, energiyani saqlash tizimlarini joriy qilish va xususiy sektorni jalb etish asosiy ustuvor yo‘nalishlar sifatida ko‘rsatilgan.

2020-yilda Energetika vazirligi tomonidan ishlab chiqilgan “Yashil energiya” konsepsiyasi O‘zbekistonning ekologik barqarorlik siyosatini belgilab berdi. Unda 2030-yilga borib elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmining kamida 25 foizini qayta tiklanuvchi manbalar hisobidan ta‘minlash vazifasi qo‘yilgan. Quyosh energiyasi bu rejada eng muhim segmentlardan biri sifatida e‘tirof etilgan.

2019-yilda qabul qilingan “Qayta tiklanuvchi energiya manbalari to‘g‘risida”gi Qonun (ORQ-539) quyosh energiyasi ishlab chiqaruvchilar uchun qulay huquqiy sharoitlar yaratdi. Unga ko‘ra:

- Yangi quyosh stansiyalarini barpo etayotgan investorlar yer solig‘i va mulk solig‘idan vaqtincha ozod qilinadi;
- Import qilinayotgan texnik uskunalar bojxona to‘lovidan ozod etiladi;
- Tadbirkorlar uchun elektr energiyasini milliy tarmoqqa sotish bo‘yicha kafolatlar belgilanadi.

Bundan tashqari, O‘zbekiston Investitsiyalar va tashqi savdo vazirligi hamda Energetika vazirligi tomonidan xalqaro tenderlar tashkil etilib, investorlarni jalb qilishga oid tartiblar soddalashtirildi.

2021-yildan boshlab, kichik quvvatli (1 MVtgacha) quyosh elektr stansiyalarini o'rnatish bo'yicha ruxsat olish tartibi soddalashtirildi, ya'ni ayrim hollarda notarial tasdiqlangan shartnoma asosida ishlab chiqarish va iste'mol qilish imkoniyati yaratildi. Bu esa kichik biznes va xonadonlar darajasida ham quyosh energiyasidan foydalanishni ommalashtirishga turtki bo'ldi.

2023-yildan boshlab davlat tomonidan energetika sohasini raqamlashtirish bo'yicha "Elektr raqamli tizimlar" dasturi ishga tushirildi. Ushbu dastur quyosh elektr stansiyalarining monitoringi, hisobot berish va tarmoqdagi barqarorlikni kuzatish imkonini bermogda. Har bir yirik stansiya faoliyati raqamli platforma orqali nazorat qilinmogda. O'zbekistonda quyosh energiyasi sohasining jadal rivojlanishida davlat siyosati va huquqiy-me'yoriy baza asosiy tayanch bo'lib xizmat qilmogda. Prezident farmonlari, strategik dasturlar, "Yashil energiya" konsepsiyasi va maxsus qonunlar orqali investorlar, ishlab chiqaruvchilar va aholiga qulay shart-sharoitlar yaratildi. Ayniqsa, huquqiy islohotlarning soddalashuvi, imtiyozlar tizimi va tartibga solish mexanizmlarining shaffoflashuvi quyosh energetikasi sohasining iqtisodiy va institutsional barqarorligini mustahkamladi. Kelgusida bu baza asosida energiya bozorining liberallashuvi va mahalliy innovatsion kuchlarning faollashuvi kutilmogda.

Quyosh energiyasini rivojlantirishda O'zbekistonning xalqaro hamkorlik aloqalari va xorijiy investitsiyalarni jalb etish strategiyasi muhim rol o'ynaydi. Energetika infratuzilmasi yuqori kapital talab qiladigan soha bo'lganligi sababli, hukumat yirik xalqaro kompaniyalar, moliyaviy institutlar va donor tashkilotlar bilan hamkorlikni kuchaytirgan. Bu esa texnologiyalarni transfer qilish, tajriba almashinuvi va moliyaviy barqarorlikni ta'minlash imkonini bermogda.

Birlashgan Arab Amirliklarining Masdar kompaniyasi O'zbekistonning qayta tiklanuvchi energiya sektoridagi eng yirik strategik hamkorlaridan biridir. 2021-yilda Navoiy viloyatida 100 MVt quvvatli quyosh elektr stansiyasini muvaffaqiyatli ishga tushirgach, kompaniya Samarqand va Jizzax viloyatlarida 2024-yilda foydalanishga topshirilishi rejalashtirilgan 220 MVt va 220 MVtli qo'shaloq loyihalarni amalga oshirmogda. Masdar ushbu loyihalarga 450 million AQSh dollari miqdorida sarmoya

kiritgan. (Manba: Masdar Clean Energy Annual Report 2023)

ACWA Power — Saudiya Arabistonining yetakchi energetika kompaniyasi ham O‘zbekistondagi quyosh energiyasi bozoriga faol kirib kelgan. 2024-yil boshida ACWA Power bilan Qoraqalpog‘istonda 500 MVt quvvatli quyosh stansiyasi qurilishi bo‘yicha shartnoma imzolandi. Loyihaning qiymati \$500 million bo‘lib, u 2026-yilga qadar to‘liq yakunlanishi kutilmoqda. Bu stansiya yiliga 1 milliard kVt/soat elektr ishlab chiqarish quvvatiga ega bo‘ladi. Fransiyaning TotalEnergies kompaniyasi Samarqand viloyatidagi loyihaga 100 MVt quvvatda sarmoya kiritdi. Bu loyiha O‘zbekiston–Fransiya iqtisodiy hamkorligining muhim yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Bundan tashqari, Yevropa tiklanish va taraqqiyot banki (EBRD), Osiyo taraqqiyot banki (ADB) kabi moliyaviy institutlar tomonidan kredit va grantlar ajratilib, loyihalarning moliyaviy barqarorligi ta‘minlanmoqda. (Manba: TotalEnergies Uzbekistan Project Report 2023, ebrd.com)

Jahon banki O‘zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya infratuzilmasini tahlil qilish, tender mexanizmlarini joriy qilish, huquqiy-huquqiy bazani takomillashtirish kabi yo‘nalishlarda texnik yordam ko‘rsatmoqda. Bankning 2023-yildagi hisobotiga ko‘ra, quyosh energiyasi sohasida “Solar Competitive Bidding Framework” modeli orqali tenderlar shaffof o‘tkazilishi natijasida investitsion muhit yaxshilangan. IRENA (International Renewable Energy Agency) esa energiya intensivligini baholash, salohiyatli hududlarni xaritalash, texnologiyalarni tanlash bo‘yicha O‘zbekistonga konsalting xizmatlarini taqdim etmoqda. O‘zbekiston hukumati xalqaro tender mexanizmlarini joriy etish orqali eng yaxshi texnologiyalar va raqobatbardosh investorlarga yo‘l ochmoqda. Bu tenderlar Jahon banki va IRENA standartlariga asoslangan holda o‘tkaziladi, bu esa investorlar uchun ishonchli va barqaror huquqiy muhitni ta‘minlaydi. Har bir loyiha bo‘yicha shartnomalar ochiq e‘lon qilinadi, bu esa korrupsiya xavfini kamaytiradi.

Xalqaro hamkorlik va xorijiy investitsiyalar O‘zbekistonda quyosh energetikasining sur‘at bilan rivojlanishiga kuchli turtki bermoqda. Masdar, ACWA Power, TotalEnergies kabi yirik kompaniyalar bilan tuzilgan strategik sherikliklar natijasida texnologiyalar, moliya va boshqaruv bo‘yicha ilg‘or tajribalar joriy

qilinmoqda. Moliyaviy institutlar tomonidan taqdim etilayotgan texnik va iqtisodiy yordamlar esa loyihalarning barqarorligini ta'minlab, ularni xalqaro darajada muvaffaqiyatli amalga oshirish imkonini bermoqda. Kelgusida bu yo'nalishdagi ochiqlik, ishonchli muhit va institutsional barqarorlik xalqaro sarmoyadorlarning O'zbekistonga bo'lgan ishonchini mustahkamlashi kutilmoqda.

Quyosh energiyasi sohasida Xalqaro moliya institutlari (Jahon banki, Yevropa tiklanish va taraqqiyot banki) va yetakchi texnologik kompaniyalar bilan hamkorlik yo'lga qo'yilgan. Masalan, Masdar (BAA) va TotalEnergies (Fransiya) kompaniyalari bilan birgalikda yirik quyosh loyihalari amalga oshirilmoqda.

O'zbekiston Respublikasi uchun quyosh energiyasi — nafaqat iqtisodiy, balki ekologik, strategik va geosiyosiy ahamiyatga ega manba hisoblanadi. Yiliga 3000 soatgacha quyoshli kunlar mavjud bo'lgan mamlakatda quyosh energiyasidan to'liq foydalanish imkoniyatlari hali to'liq ro'yobga chiqarilmagan. Shu sababli kelgusida ushbu yo'nalishni rivojlantirish quyidagi muhim strategik ustuvorliklarga asoslanishi zarur.

Kelajakda quyosh energetikasini rivojlantirish, birinchi navbatda, texnologik innovatsiyalarni keng joriy etishga bog'liq. Jumladan: Bifacial panellar, sun'iy intellekt asosida boshqariladigan tizimlar, energiya saqlovchi tizimlar (BESS) hamda blokcheyn asosidagi monitoring yechimlari keng joriy etilishi kerak.

Quyosh panellarining ishlash muddatini uzaytirish va texnik xizmat ko'rsatishni avtomatlashtirish — uzoq muddatli iqtisodiy samaradorlikni ta'minlaydi. Mahalliy innovatsion yechimlarni qo'llab-quvvatlash orqali texnologik mustaqillik oshiriladi.

Quyosh energiyasi bo'yicha uskunalarni to'liq import qilish uzoq muddatli iqtisodiy va siyosiy xavflarni keltirib chiqaradi. Shuning uchun: PV panellar, invertorlar, akkumulyator tizimlari va boshqaruv modullarini mahalliy ishlab chiqarish infratuzilmasini rivojlantirish zarur.

O'zbekistondagi texnika universitetlari, innovatsion markazlar va startaplar bilan hamkorlikda ilmiy-tadqiqot institutlarini yaratish foydali bo'ladi.

Grantlar, stipendiyalar va xalqaro almashinuv dasturlari orqali yosh olimlarni

quyosh energetikasi sohasida tayyorlash kerak.

Hozirgi kunda yirik sanoat va davlat loyihalari ustuvor bo'lsa-da, quyosh energiyasining ommalashuvi uchun:

Xonadonlar, fermer xo'jaliklari va kichik bizneslar uchun moliyaviy imtiyozlar — subsidiyalar, foizsiz kreditlar va soliq yengilliklari berilishi kerak.

“Net metering” tizimi joriy qilinib, iste'molchiga ortiqcha ishlab chiqargan energiyani davlat tarmog'iga sotish imkoniyati berilishi lozim.

Aholi o'rtasida energiya savodxonligini oshirish bo'yicha kampaniyalar olib borilishi zarur.

O'zbekiston mintaqada quyosh energiyasi bo'yicha tajriba almashish va integratsiya qilish imkoniyatiga ega. Shu sababli:

Markaziy Osiyo mamlakatlari o'rtasida “quyosh alyanslari” tashkil qilish taklifi ilgari surilishi mumkin. Jahon banki, IRENA, UNDP kabi tashkilotlar bilan loyihalar doirasida yangi grant va texnik yordam dasturlarini yo'lga qo'yish maqsadga muvofiq. Yevropa va Osiyo davlatlari bilan texnologik hamkorlik doirasida ko'p tomonlama tenderlar ochilishi kerak.

Kelajakda quyosh energiyasining rivoji uchun huquqiy asoslar yanada chuqurlashtirilishi zarur:

- “Qayta tiklanuvchi energiya manbalari to'g'risida”gi qonunning amaldagi ijrosi ustidan monitoring kuchaytirilishi lozim.
- Energetika tizimini liberallashtirish, ya'ni xususiy kompaniyalar uchun qulay muhit yaratish.
- “Yashil sertifikat” tizimi joriy qilinib, quyosh energiyasini ishlab chiqaruvchi subyektlar uchun xalqaro ekologik standartlarga moslikni kafolatlovchi mexanizmlar ishlab chiqilishi kerak.

Kelajakda O'zbekistonda quyosh energiyasini rivojlantirish strategiyasi nafaqat energetik xavfsizlikni ta'minlaydi, balki iqtisodiy o'sish, ekologik barqarorlik va texnologik taraqqiyot uchun muhim omil bo'lib xizmat qiladi. Innovatsion texnologiyalarni keng joriy etish, mahalliy ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish, xalqaro hamkorlikni chuqurlashtirish va huquqiy muhitni takomillashtirish orqali O'zbekiston

mintaqada quyosh energetikasi bo'yicha yetakchi davlatga aylanishi mumkin. Eng asosiysi, quyosh energiyasi orqali "yashil iqtisodiyot" tamoyillarini hayotga tatbiq etish imkoniyati yanada kengayadi. Quyosh energiyasi O'zbekiston uchun strategik ahamiyatga ega bo'lgan barqaror rivojlanish yo'lini belgilaydi. Innovatsion yondashuvlar va xalqaro tajribalardan oqilona foydalanish orqali mamlakat energetika tizimini modernizatsiya qilish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash mumkin.

1.4. Fotoelektrik batareyalar va qurilmalar texnologiyalarining rivojlanish tarixi

Insoniyat paydo bo'lgandan buyon quyoshga sig'inib kelgan, uni xudo o'rnida ko'rganlar. Chunki u xaqiqatdan xam yer yuzida hayot manbaidir. Qadimgi Misr fara'vinlaridan biri (Nefyertitining yeri) Exnaton ismini qabul qilgan (Atonga – quyoshga sajda qiluvchi), ya'ni Exnaton – tabiiy termayadro reaktoriga sajda qilgan. Quyoshdagi energiyani hosil bo'lishi – termayadro reaksiyasi tufaylidir. Quyosh nurlari – bu vodorodning 4 dona va geliyning bir dona atomining qo'shilganidir.

Quyosh bizdan $92.25 \cdot 10^6$ mil uzoqlikda, yoki metrlarda $149,6 \cdot 10^6$ km narida (1.1- rasm). Bunday katta masofani tasavvur qilish uchun sekundiga 299792458 metr bosib o'tadigan yorug'likni olib qaraydigan bo'lsak, u bizga etib kelishi uchun 8,31 minut kerak bo'ladi. Amerikadan uchib o'tayotgan samolyot misolida xayoliy tajriba qilib ko'rishingiz mumkin. U soatiga 500 mil tezlik bilan harakatlansa, to'rt soat kerak bo'ladi. Agar siz yorug'lik tezligida harakatlansangiz Er atrofida ekvator bo'ylab sekundiga etti yarim marotaba aylanasiz. Endi shunday tezlikda 8,31 minut harakatlansangiz qanchalik uzoq masofaga borishingizni tasavvur qilishingiz mumkin.

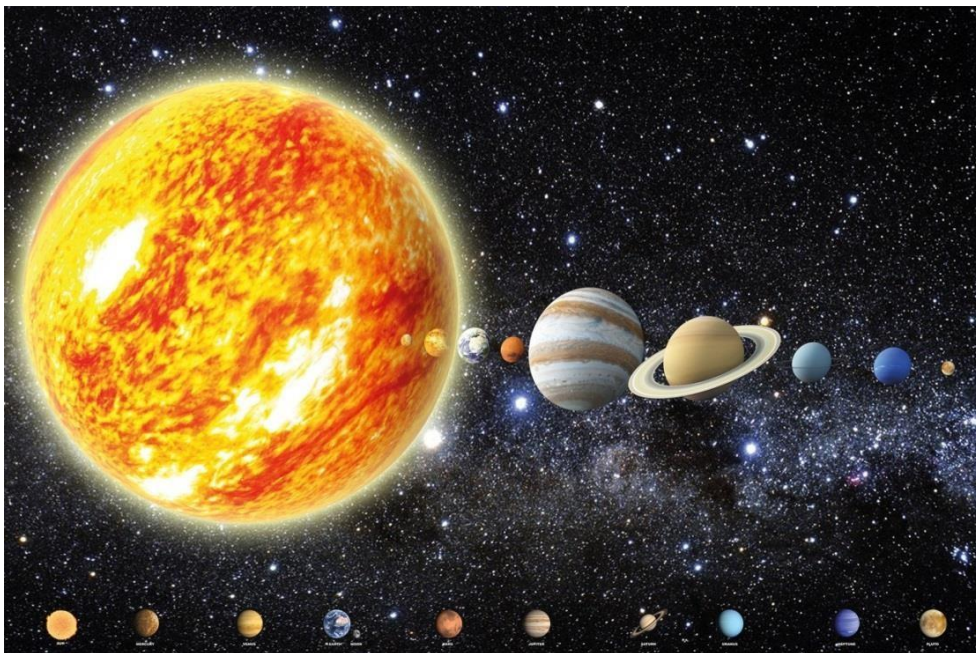
U nafaqat uzoqda, balki u juda ham ulkandir. Uning diametri 864950 mil; agar siz metrli standardda ishlaydigan bo'lsangiz u 1392 million km ga teng bo'ladi.

Quyosh juda uzoqda bo'lganligi bilan – u o'ta katta! Siz bizgacha nisbatan kam energiya etib keladi deb o'ylashingiz mumkin, aslida bizgacha etib kelayotgan

Quyosh nurlanish energiyasining miqdori yillik global energiya sarfidan 10000 marta katta. Yiliga bir kvadrat metrga oʻrtacha 1700 kVt·soat Quyosh energiyasi tushadi.

Er sirtini bir mil qalinlikda qora suyuqlik qatlam bilan isitish uchun qoplasak, biz Er sirtiga tushayotgan energiyani toʻplovchi manbaʼga ega boʻlamiz degan gʻoya endi bemaʼni emasdek tuyuladi. Quyosh energiyasi Ergacha etib kelganida uni oʻrab turgan atmosferada 19 % yutiladi va yana 35 % bulutlarda yutiladi.

Quyosh energiyasi Erni faqat davomiy ravishda qizdiradi, bu sarflanishlar behuda yoʻqotilayotgan energiyani foydali energiyaga aylantiruvchi texnologiyani talab qiladi, yaʼni bunda biz biror foydali ish bajara olishimiz zarur.



1.1-rasm. Quyosh galaktikasi (NASA tasviri)

Quyosh samarali katta termo-yadro reaktori ham hisoblanadi. Siz nima deb oʻylaysiz, biz allaqachon ulkan katta termo-yadro reaktoriga egamiz, lekin ayrim odamlar esa undan ham kattarogʻini qurishni hohlashi kulguli!

Quyoshda har soniyada, minutlar almashinishi bilan doimiy ravishda vodorod geliyga aylanadi.

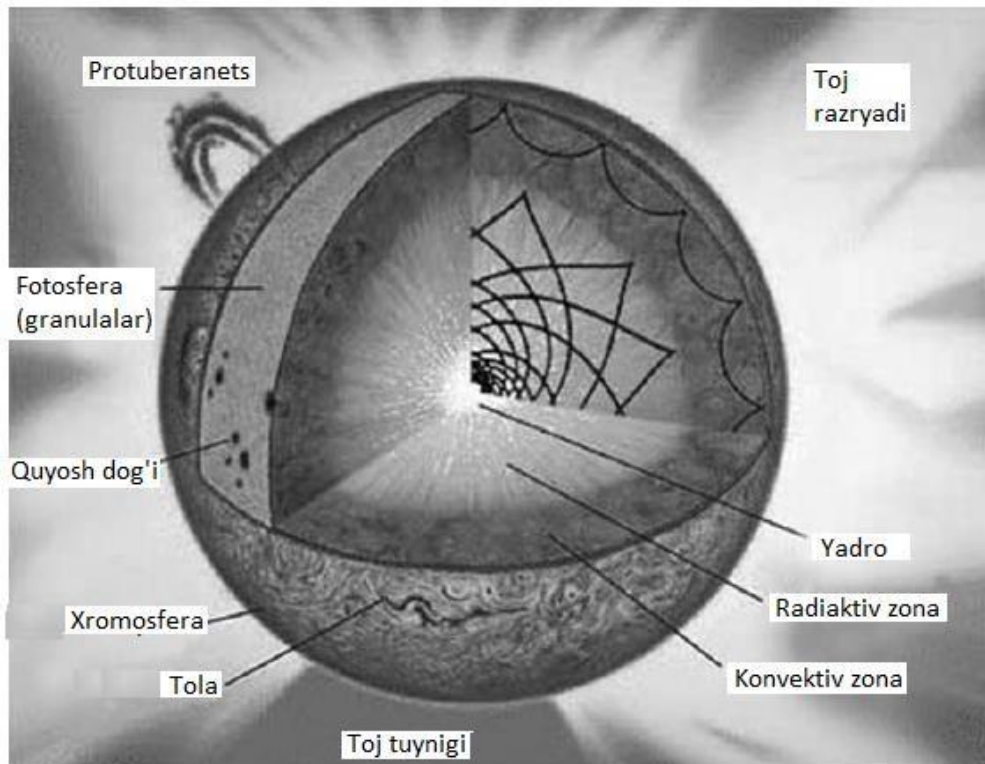
Quyoshni katta miqdordagi termoyadro reaksiyasi taʼsiridan portlab ketmasligiga nima toʻsqinlik qiladi? – oddiy gravitatsiya kuchlari! Quyosh ichida

kechayotgan kompleks reaksiyalar natijasida tarqatuvchi kuchlar va g'oyatda katta o'lchamdagi modda miqdori tufayli hosil bo'ladigan gravitatsiya kuchlari orasidagi doimiy jang natijasida turg'un bo'ladi².

Quyosh ichidagi barcha atomlar katta miqdordagi ichkariga "siqilishi" natijasida bir-biriga tortilgan bo'ladi. Ayni paytda yadro reaksiyasi ta'sirida hosil bo'lgan issiqlik va energiya barcha narsalarni tashqariga chiqarishga harakat qiladi. Bizning baxtimizga ular muvozanatda bo'ladi va natijada Quyosh doimiy qoladi!

Quyoshning tuzilishi 1.2- rasmda keltirilgan – unda nimalar borligini tushuntirib o'tamiz. Quyosh markazidan boshlab yadro, radioaktiv zona, konvektiv zona, fotosfera, xromosfera va tojlar bor.

Quyoshning yadrosi ikkita xossaga ega, birinchidan yadro reaksiyasi uchun qulay sharoit yaratadi – ishonib bo'lmaydigan 15 million gradus selsiy haroratga ega (men u erda termometr ushlab turishni hohlamagan bo'lardim), ikkinchidan ishonib bo'lmaydigan katta bosim. SHuning uchun u erda termo-yadro reaksiyasi amalga oshadi.



1.2- rasm. Quyoshning tuzilishi (NASA tasviri)

Yadro reaksiyasida to'rtta vodorod yadrosi parchalanib bitta geliy yadrosini hosil qiladi. Bu jarayondan ikkita natija olinadi – gamma nurlar ya'ni katta

² Solar Energy Projects - 50 Projects, pp. 15.

energiyali fotonlar va neytronlar, ulardan biri koinotga ma'lum zaryadga va massaga ega bo'lmagan zarralar.

Radiaktiv zona-YAdrodan keyingisi radiaktiv zona. Zonaning bunday atalishiga sabab, u radiatsiya chiqaradi. U ozroq sovuq, radiaktiv zonada harorat 15 milliondan 1 million gradus selsiy oralig'ida bo'ladi (hattoki bunday haroratni ham termometr bilan o'lchashni hohlamayman). Radiaktiv zonada nima asosan qiziq, bu zonadan keyingi zonaga fotonlarning o'tishi uchun million yillar kerak bo'ladi, shuning uchun ham u konvektiv zona deb ataladi!

Konvektiv zona-bu zona boshqacha, bu erda fotonlar konveksiya tufayli harakatlanadi – yuqori sinf fizikasini eslaydigan bo'lsangiz konveksiya hajmning pastroq harorat va kamroq bosim bo'lgan tomoniga qarab hosil bo'ladi. Bu zonaning radiatsion zona bilan chegarasida million gradus farq bor. Selsiy hisobida tashqi qismda harorat atigi 6000 °C bo'ladi (siz asbest qo'lgopda termometrni ushlab turishni hohlamaysizmi endi).

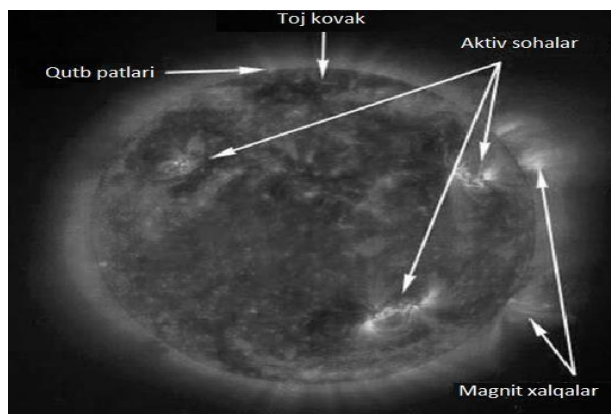
Fotosfera-keyingi soha fotosfera deb nomlanadi. U quyoshning ko'rinib turadigan yorug' qismi, chunki u erda ko'rinuvchi nurlar paydo bo'ladi. Fotosferaning harorati 5500 °S, bu ham o'lgan harorat. Quyoshga nisbatan bu qatlam yupqa bo'lgani bilan uning qalinligi 300 mil.

Xromosfera - xromosferani bir necha ming mil qalinlikdagi tumanlik tashkil etadi, u erda harorat 6000 °C dan 50000 °C ga o'zgarib turadi. Bu soha ko'rinadigan spektr sohasidagi qizil nurlanishni chiqaruvchi o'yg'ongan vodorod atomlari bilan to'lgan.

Toj - toj Quyosh atmosferasining kosmosga millionlab mil masofaga tortilib turishi. Bu erda harorat juda issiq bo'ladi, ya'ni million gradus selsiy atrofida. Quyosh sirning ayrim xususiyatlarini 1.2 - rasmda ko'rish mumkin, lekin ular keyingi qismdagi 1.3- rasmda batafsil ta'riflangan.

Quyoshning xususiyatlari. Quyoshning magnit maydonlari bor joylarda toj kovaklari paydo bo'ladi. Quyosh protuberanetslari kosmosga katta miqdordagi toj materiallarini ajratibchiqarib yuboradi. Magnit xalqalar protuberanetslarni fozoda tutib qoladi. Quyosh sirtidan chiquvchi tojning ruchkasimon qutbli

proeksiyasi juda kichik.



1.3-rasm. Quyosh sirtida kuzatiladigan hodisalar (NASA tasviri)

Biz Quyoshda sodir bo‘ladigan hodisalar bilan tanishib chiqdik, endi undan keyin Quyosh energiyasini kosmos orqali Er orbitasiga qanday etib kelishini ko‘rib chiqamiz.

Er atmosferasi tashqarisidagi fazoning istalgan nuqtasida Quyosh tomonidan beriladigan nurlanish (insolyasiya) deyarli turg‘un bo‘ladi. Er sirtida esa vaziyat quyidagi holatlarga ko‘ra o‘zgaradi:

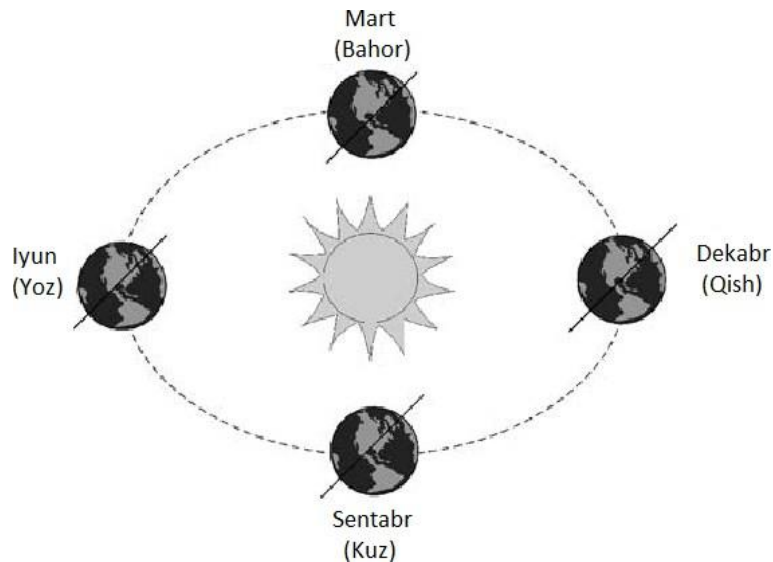
- Erning fazodagi holatining o‘zgarishi;
- Erning aylanishi;
- Er atmosferasi (gazlar, bulutlar va changlar).

Atmosferadagi gazlar nisbatan turg‘un. Oxirgi yillarda havoning zararlanishi tufayli global yoritilish kamayishi kuzatilmoqda, atmosferadagi qattiq aralashmalar, qazilma yoqilg‘ilar chiqindilari Quyosh energiyasini Ergacha etib kelishini kamayishiga sabab bo‘lmoqda. Bulutlar ancha harakatchan va Erda joydan-joyga ko‘chib qiya soyalar berib turadi.

Yer va uning orbitasi haqida tasavvur qilsak, biz Er o‘z o‘qi atrofida aylanishida Quyoshga nisbatan qiya joylashganini ko‘rishimiz mumkin. Er o‘zgarmas tezlik bilan aylanadi, Er orbitasining shunday nuqtalari topilishi mumkinki, uning ayrim qismlari ko‘proq yoritilishi mumkin va aksincha, chunki Er fazoda joylashgan. Erning o‘sha qismi kun davomida Quyoshga yaqinroq

bo‘ladi. Bu esa fasllar bo‘lishining sababidir – jarayon 1.4- rasmda tasvirlangan.

Quyosh osmonning har xil joylarida ko‘rinadigandek bo‘lganligi uchun Quyosh qurilmamizni uni kuzatadigan qilishimiz kerak. 1.5- rasmda yassi kollektorni yilning turli vaqtlarida energiyadan samarali foydalanish uchun Quyoshning vaziyatiga qarab qanday o‘rnatish kerakligi tasvirlangan.



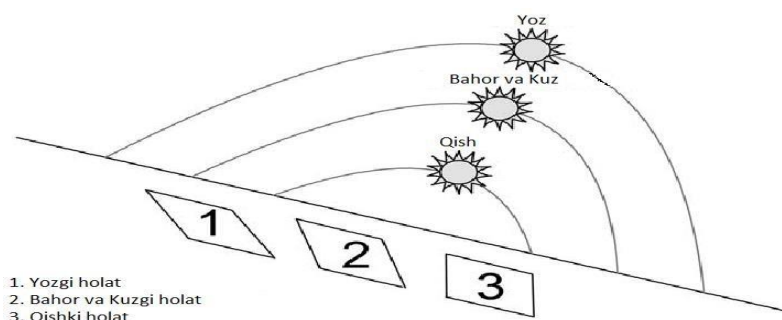
1.4- rasm. Quyosh va fasllar

Xo‘sh, biz Quyosh energiyasidan qanday foydalanishimiz mumkin?

Bu haqda o‘ylaydigan bo‘lsak, Quyoshdan kelayotgan barcha energiya bir nuqtadan boshqa nuqtaga to‘g‘ridan-to‘g‘ri yoki bilvosita uzatiladi.

Quyosh energiyasi-Quyosh quvvatidan ta‘minlanadigan ko‘pchilik qurilmalar Quyosh energiyasini to‘g‘ridan to‘g‘ri yig‘adi va foydalanadi hamda uni biror foydali energiya turiga aylantirishi mumkin. Qurilmalar Quyosh energiyasini o‘zida to‘playdi va to‘g‘ridan to‘g‘ri foydali energiya manba’siga aylantiradi.

SHamol energiyasi -Quyosh beradigan issiqlik bizning atmosferamizda konvektiv oqimlarni hosil qiladi, bu oqimlar katta va kichik bosimli sohalar orasidagradient bo‘lishi aniqdir. Havoning bir joydan boshqa joyga ko‘chib yurishi shamol hosil qiladi va katta shamol generatorlaridan foydalanib Quyosh energiyasini olishga va uni elektr energiyaga aylantirishimiz mumkin

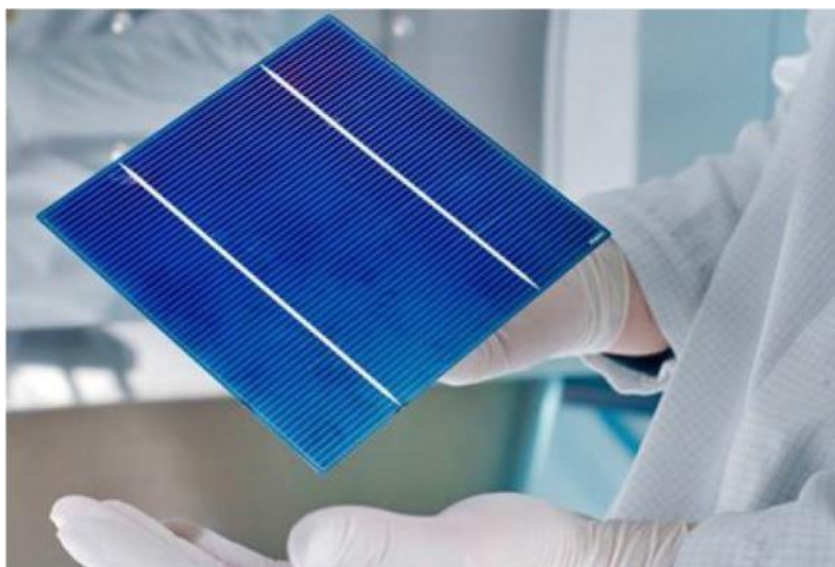


1.5- rasm. Yilning turli vaqtlariga nisbatan Quyosh vaziyatining o'zgarishi

Gidroenergiya-Quyosh gidrologik siklni amalga oshiradi, ya'ni suv bug'lanib osmonga ko'tariladi va yomg'ir ko'rinishidagi yog'ingarchilik bilan erga qaytib tushadi. Buning ma'nosi suvning dengiz sathidan erning balandroq sathiga ko'tarilishi bilan tushuntiriladi! Baland joylarda to'g'on hosil qilib suvni to'plasak, uni turbinalar orqali tushirish bilan suvning gravitatsion potensial energiyasini elektr energiyasiga aylantirishimiz mumkin.

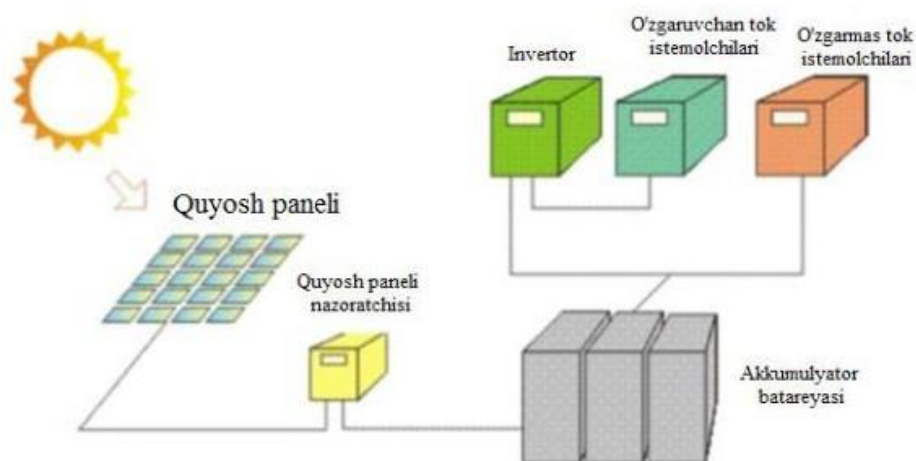
Biomassa - qazilma yoqilg'ilarni tejash uchun biz uning o'rnini bosadigan hosil etishtirishimiz mumkin. Daraxtlar biomassadir, ular yoqib ishlatiladigan o'rmon hosil qiladi. SHakarqamishni ham etishtirsa bo'ladi va uni bio-etanolga aylantirish mumkin, ular ichki yonuv dvigatellarida benzin o'rnida ishlatiladi. Etishtiriladigan barcha o'simlaklar Quyosh ta'sirida o'sadi, shunday ekan ular ham Quyosh energiyasi mahsuli hisoblanadi.

Shunday qilib, fotoelektor yacheykalarida yorug'lik nurlanish energiyasi elektr energiyasiga aylantiriladi. Fotoelektr yacheykalarini tayyorlashda birinchi bo'lib mono yoki polikristall kremniydan foydalanilgan (1.6 – rasm). Hozirgi kunda bu elementdan tayyorlanadigan yacheykalar, butun dunyoda o'rnatilgan tizimlarning 80 % ni tashkil etadi. Ularning foydali ish koeffitsenti 11 – 16 % ni tashkil etadi.



1.6 – rasm. Kremniy plastinkalarini ishlab chikarish jarayoni

Keyingi vaqtlarda fotoelektor yacheykalaramorf kremniy, kadmiy – tellurid yoki mis – indiy – selindan yupka plyonkalar shaklida tayyorlana boshladi. Ularning foydali ish koefitsenti qariyb 8 % ni tashkil etadi, biroq mono yoki polikristall kremniydan tayyorlanadigan fotoelektr yacheykalarga qaraganda tayyorlanishi arzonrokdir. Hozirgi vaqtda fotoelementlarning foydali ish koefitsentini 30 – 60 % ga oshirish ustida ilmiy – tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Buning uchun plyonkalarni 4 – 8 marta ustma – ust o‘rnatish zarur bo‘ladi. Ushbu tadqiqotlar natijasida qurilma quvvati oshiriladi hamda ishlab chikarish narxi keskin pasayadi. Fotoelektr tizimi doimiy elektr tokini ishlab chiqaradi va invertor yordamida doimiy elektr toki, o‘zgaruvchan tokka aylantiriladi (1.7 – rasm).



1.7 – rasm. Quyosh batareyasidan elektroenergiya olish sxemasi

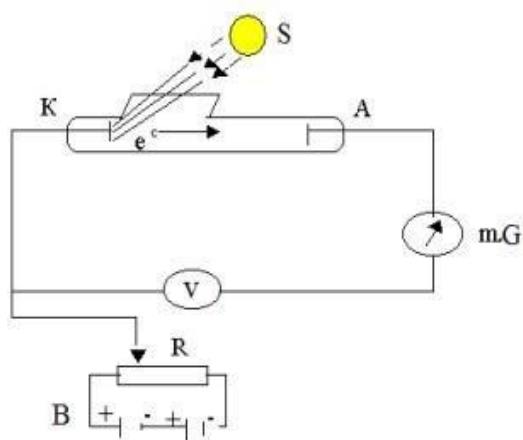
Quyosh elektrostansiyalari. Bir necha quyosh batareyalarini bir – biriga ulab quyosh elektrostansiyalarini tashkil qilish mumkin. Hozirgi kunda dunyoda juda ko‘plab quyosh elektrostansiyalari qurilib ishga tushirilgan.

Mamlakatimizning Samarqand viloyatida, Osiyo taraqqiyot bankining yordamida, dunyoda eng yirik quyosh fotoelektrik stansiyasi qurilishi rejalashtirildi.

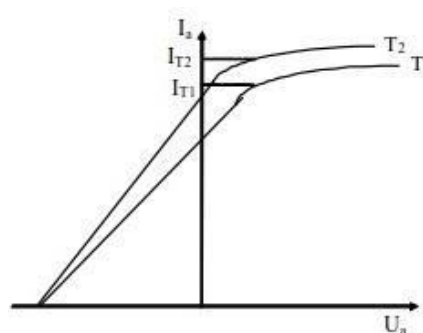
Quyosh elektrostansiyasi 400 gektar maydonga joylashib, uning quvvati 100 MW ni, yillik elektr energiya ishlab chiqarish esa 200 mln.kW soat ni tashkil qiladi. Elektrostansiyaning qurilishi 5 yil davom etib, 2019 yilning mart oyida ishga tushirilishi kutilmoqda.

1.5. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirishning fizik Asoslari

Fotoeffekt - yorug‘lik ta’sirida jismdan elektron ajralib chiqishidir. Bu hodisani birinchi bo‘lib, 1887 yilda G.Gers kuzatgan va uni tajribada rus olimi A.Stoletov tekshirgan. 1898 yilda Lenard va Tomson fotoeffekt natijasida katoddan ajralib chiquvchi zarra elektron ekanligini zarralarning magnit maydonida oqishiga asoslanib aniqladi. Fotoeffekt hodisasini o‘rganish uchun havosi so‘rib olingan shisha idish, uning ichidagi katod va anod plastinkalari olinadi (1.8-rasm). O‘tkazilgan tajribalar natijasida 1.9 - rasmdagi volt - amper xarakteristikasi olingan.



1.8-rasm. Havosi so‘rib olingan shisha idishda fotoeffekt hodisasini o‘rganish



1.9-rasm. Fotoelementda volt - amper xarakteristikasi

Fotoeffektning 4 ta asosiy qonuni bor:

1) muayyan fotokatodga tushayotgan yorug'likning spektral tarkibi o'zgarmas bo'lsa, fototokning to'yinish qiymati yorug'lik oqimiga to'g'ri proporsional;

2) muayyan fotokatoddan ajralib chiqayotgan fotoelektronlar boshlang'ich tezliklarining maksimal qiymati yorug'lik intensivligiga bog'liq emas. Yorug'likning to'lqin uzunligi o'zgarsa, fotoelektronlarning maksimal tezliklari ham o'zgaradi;

3) har bir fotokatod uchun biror "qizil chegara" mavjud bo'lib, undan kattaroq to'lqin uzunlikli yorug'lik ta'sirida fotoeffekt vujudga kelmaydi. λ_q ning qiymati yorug'lik intensivligiga mutlaqo bog'liq emas, u faqat fotokatod materialining ximiyaviy tabiatiga va sirtining holatiga bog'liq;

4) yorug'lik fotokatodga tushishi va fotoelektronlarning hosil bo'lishi orasida sezilarli vaqt o'tmaydi. Fotoeffektning 1-qonunini to'lqin nazariyasi asosida tushuntirish mumkin.

Lekin to'lqin nazariya 2- 3- va 4- qonunlarni tushuntirishga ojizlik qiladi. Fotoeffekt eksperimenti qonuniyatlarini klassik fizika tarafida turib tushuntirib bo'lmaydi. Klassik nazariya bu hodisani tushuntirishda mutlaqo ojizlik qiladi. Xo'sh, nima uchun klassik nazariya fotoeffekt jarayonini tushuntirishga qurbi etmaydi, axir uning nuqtai nazaridan ham bu hodisa joizku. Bir qaraganda fotoeffektni to'lqin nazariya asosida sifatli tushuntirish mumkinga o'xshab ko'rinadi. Maksvellning elektromagnit to'lqinlari nazariyasiga binoan, issiqlik nurlanish inson ko'ziga ko'rinadigan sohadagi to'lqin uzunlikka ega bo'lgan elektromagnit nurlanish – yorug'likdir va uning strukturasi elektr va magnit maydonlardan tuzilgan. Nurlanishni elektr maydoni amplitudasining kvadrati yorug'likni intensivligini harakterlaydi. SHunday ekan, tushayotgan elektromagnit nurlanishining amplitudasi metall sirtidagi elektronlarni tebranishga majbur qiladi, agar elektronning hususiy tebranishi davri bilan tushayotgan to'lqinning tebranish davri mos kelganda rezonans ro'y beradi, elektronning tebranish amplitudasi keskin ortib ketadi va oqibatda u metall sirtini tashlab tashkariga chiqib ketadi.

Darvoqe, bunday manzara o'rinli bo'lsa, u holda metall sirtidan ajralgan elektronlarning kinetik energiyasi tushayotgan yorug'likning intensivligiga bog'lik

bo'lishi kerak. Tushayotgan yorug'likning intensivligi ortsa unga mos holda metall sirtidan ajralayotgan elektronlarning kinetik energiyasi ham ortishi kerak.

Afsuski juda ko'p qilingan tajribalar natijasi shuni ko'rsatadiki, fotoeffektda metall sirtidan ajralgan elektronlarning kinetik energiyasi tushayotgan yorug'likning intensivligiga mutlako bog'lik emas, metall sirtini bir vattli lampochka yoki 1000 Vattli lampochkaning monoxromatik nurlanishi bilan yoritamizmi, unga baribir, uning sirtidan chiqayotgan elektronlarining kinetik energiyasi o'zgarishsiz kolaveradi; yorug'lik intensivligini ortishi faqat sirtidan chiqayotgan elektronlar sonining ortishiga olib keladi. Metall sirtidan ajralayotgan elektronlarning kinetik energiyasini tushayotgan yorug'lik nurlanishi intensivligiga bog'lik bo'lmasligi juda ham ajablanarli hol edi. Eksperiment oliy hakam. Eksperimentning mazkur natijasi fotoeffektning birinchi muammosi edi va u to'g'ridan – to'g'ri yorug'lik to'lqin nazariyasini rad etardi. Shu sababdan, bu natija klassik fizikaning ham muammosi edi. Klassik nazariyaga ko'ra metall sirtiga tushayotgan yorug'lik nurlanishining intensivligi juda kuchsiz bo'lsa, u holda metall sirtidan umuman elektronlar ajralmasligi yoki kechikib ajralishi kerak. Bu fikrni tushuntirish uchun quyidagi misolni olaylik. Kaliy metallining sirti okim zichligi $E_0 = 10^{-5} \text{ Vt/m}^2$ bo'lgan yorug'lik nurlanishi bilan yoritilgan bo'lsin. Kaliy atomidan elektronlarni ajratish uchun $3,6 \times 10^{-19} \text{ Vt} \times s$ ga teng bo'lgan energiya zarur. Bu energiyani metall sirtida yig'ilishi uchun, kaliyni uzluksiz taxminin 6 kun yoritish kerak.

Boshqacha aytganda, metall sirtini 6 kun yorug'lik bilan yoritilgandan so'ng, elektronlar ajrala boshlashi kerak. Eksperiment natijalari bu qarashga umuman zid edi. Darhaqiqat, yorug'likni intensivligi juda ham kuchsiz bo'lganda ham, ya'ni $\nu > \nu_0$ (ν_0 -chegaraviy chastota) chastotalarda tushayotgan nurlanish shu zahoti ($\sim 10^{-7} s$) metall sirtidan elektronlarni urib chiqaradi. Fotoeffekt - oniy jarayon. Elektron metall sirtidan oniy chikadi. Fotoeffektni bu qonuniyati klassik fizikaning ikkinchi muammosi edi. Metall sirtidan ajralib chiqayotgan elektronlarning tushayotgan nurlanishning faqat chastotasiga bog'lik bo'lishi klassik fizika uchun uchinchi

muammo edi. Chunki klassik fizika arsenalida energiya ning chastotaga bog'likligi haqida birorta ham g'oya yo'q edi.

Fotoeffekt ni bu uch muammosi klassik fizika nazariyasini shubha ostiga oldi. Klassik fizika tasavvuri doirasida turib fotoeffekt hodisasini tushuntirish ni mutlaqo iloji yo'q edi. Bu hodisani tushuntirish uchun yangi tasavvur, yangi g'oya, yangi tushunchalar kerak.

Fotoeffekt hodisasini Plank gipotezasiga asoslanib tushuntirish mumkin ekanligiga birinchi bo'lib A.Eynshteynning aqli etdi. Aytilgan fikrlarga asoslangan holda Eynshteyn fotoeffekt hodisasini tamomila tushuntirib berdi. Yorug'likning foton nazariyasi fotoeffekt ni korpuskulyar hodisa ekanligini, hozirgi zamon tili bilan aytganda kvant hodisa ekanligini tasdiqladi. Kvant fizikasi o'rganishda fotoeffekt jarayoni muhim o'rin tutadi. Quyosh elementlari (fotoelement) asosan yarim o'tkazgichli materiallar asosida tayyorlanadi. SHuning uchun quyosh elementi optik va fotoelektrik xususiyatlarini bilish yarim o'tkazgich materiallar tuzilishini ularning metallar va dielektrik materiallardan farqini va yarim o'tkazgich materiallar uchun bevosita asosiy bo'lgan xususiyatlarni o'rganishini taqozo etadi.

Qattiq jismlar hosil bo'lishini yarim o'tkazgich materiallar misolida elektron nazariyasi nuqtai nazaridan ko'rib o'tamiz. Qattiq jism hosil bo'lishi jarayonida, atomlarning bir-biriga nisbatan yaqinlashishi shu darajagacha boradiki, natijada tashqi qobiqdagi elektronlarning umumlashishi hosil bo'ladi. Atomdagi alohida elektronlarning yakka ayrim orbitalari o'rniga umumlashgan kollektiv orbitalar hosil bo'ladi va atomdagi qobiqchalar sohalarga birlashadi hamda ular umuman kristallga tegishli bo'lib qoladi. Elektronlar harakatining xarakteri mutlaq o'zgaradi, ma'lum atomda va ma'lum energetik sathda joylashgan elektronlar energiyasini o'zgartirmasdan shu energetik sathdagi boshqa qo'shni atomga o'tish imkoniyatiga ega bo'ladi va binobarin, elektronlarni kristallda erkin siljishi kuzatiladi.

Yer atmosferasi o'zining optik xususiyatlariga asosan selektiv yorug'lik filtri bo'lib, koinotdan kelayotgan quyosh nurlanishini o'zgartiradi. Agar nurlanish

oqimi atmosferadan o'tib Yer sirtiga tik tushsa, u holda nurlanish bosib o'tgan optik masofa bir atmosfera massasiga teng deb hisoblanadi va AM1 bilan belgilanadi.

Qiya tushayotgan nurlarning optik masofasi uzunligini ularning AM1 optik masofa kattaligiga qiyoslab aniqlash mumkin. Agar nurlanish oqimi atmosfera ta'sirida o'zgarasa, uning optik atmosfera massasi nolga teng bo'lib, u AM0 deb belgilanadi. To'g'ridan – to'g'ri tushayotgan Quyosh nurlanishi oqimining dengiz sathida qoq tush paytida ochiq havoda Yer sirtidagi energetik yoritilganligi $P \approx 100 \text{ mW/sm}^2$ ga teng deb hisoblanadi [1].

Insolyatsiya deb, ma'lum geografik hududda Yer sirtiga tushayotgan Quyosh nurlanishining miqdoriga aytiladi. Insolyatsiya, Yer – Quyosh tizimida masofaning mavsumiy tebranishlariga, geografik kenglikka, hududning muhitiga va atmosfera massasiga bog'likdir.

Insolyatsiyani odatda quyosh nurlanishining kunlik, oylik, yillik o'rtacha miqdori bilan ko'rsatiladi. Quyoshdan tushayotgan yorug'lik yarimo'tkazgichga tushganda uning xususiyatlarining o'zgarishini kuzatamiz [2–3]. Bu yarimo'tkazgichlar o'zi qanday moddalar?

Agar moddaning valent sohasi to'laligicha egallanmagan bo'lsa, ammo o'tkazuvchanlik sohasigacha bo'lgan energetik masofa nisbatan kichik (2 eV dan kamroq) bo'lsa, bunday moddalar yarimo'tkazgich deyiladi. Yarimo'tkazgich xususiyatlari xususan elektr o'tkazuvchanligi tashqi muhitga, ayniqsa haroratga bog'liq bo'ladi. Harorat (T) ning ortishi elektronlar miqdorining valent va o'tkazuvchanlik soha orasida joylashgan man qilingan sohadan (E_g) o'tib o'tkazuvchanlik sohasiga o'tishda tok tashuvchilarning eksponentsial ravishda ko'payishiga va elektr o'tkazuvchanlikning (σ) tenglamaga asosan o'zgarishiga olib keladi. Bu erda k – Boltsman doimiyliqi, A – moddani xarakterlovchi o'zgaras kattalik [4-5].

$$\sigma = A \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right) \quad (1.1)$$

Metallarning elektr o'tkazuvchanligi erkin elektronlar konsentratsiyasi o'zgaras bo'lganligi tufayli elektronlar harakatchanligining haroratga bog'liqligi

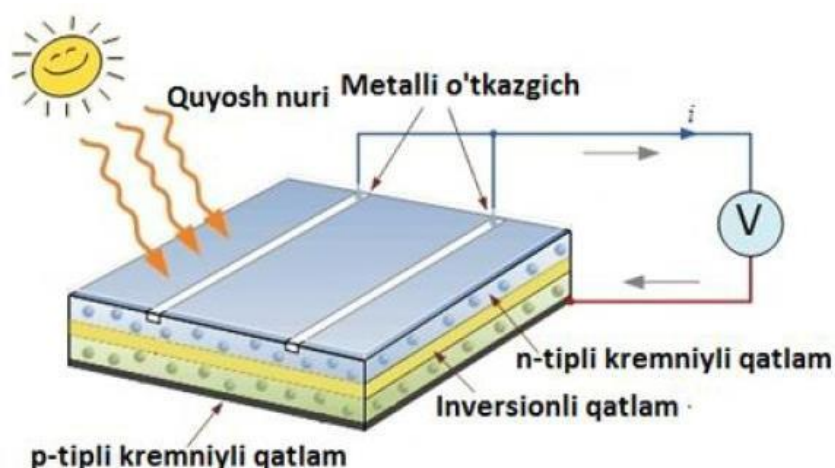
bilan aniqlanadi va haroratning ortishi bilan asta – sekin kamayadi. Yuqoridagi tenglamani logariflab quyidagi holda ifoda etamiz.

$$\ln \sigma = \ln A - \frac{E_g}{2kT} \quad (1.2)$$

Bu tenglamani yarim logarifmik koordinatalarda grafik ravishda ko'rsatish mumkin va hosil bo'lgan to'g'ri chiziq va uning φ burchakli tangensi yarimo'tkazgich materiallarning asosiy parametri bo'lgan, man qilingan soha kengligi bo'lgan $E_g = 2kT_\sigma$ ni aniqlaydi. Ta'kidlash lozimki, qiya to'g'ri chiziq, ya'ni elektr o'tkazuvchanlikning logarifmi $1/T$ dan o'zgarishi faqat toza kirishmalardan holi, xususi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar uchungina shunday ko'rinishga ega [6-7].

So'nggi 35 yil davomida energiya manbai sifatida yuqori samarali Si, GaAs, InP, CdTe va ularning qattiq qotishmalari asosida $FIK \approx 20-24\%$ bo'lgan quyosh elementi yaratildi. Kaskadli quyosh elementi larda esa $FIK \approx 30\%$ gacha etkazildi [8-9].

Keng tarqalgan kremniy asosidagi quyosh elementi lari konstruktsiyasi qarama-qarshi tipdagi p va n – materialning bir – biriga yaqin tutashtirishdan hosil qilinadi. Yarimo'tkazgich material ichidagi p va n – tip materiallar orasidagi o'tish sohasi (chegara xududi) elektron – teshik yoki p – n o'tish deyiladi. Termodinamik muvozanat holida elektron va teshiklar muvozanat holatini belgilovchi Fermi sathi materialda bir xil holda bo'lishi kerak. Bu shart p – n o'tish hududida ikkilangan zaryadli qatlam hosil qiladi va uni hajmiy zaryad qatlami deyilib, unga taaluqli elektrostatik potentsial paydo bo'ladi [10].



1.10-rasm. Kremniy asosidagi quyosh elementlari konstruktsiyasi

p – n tizilma sirtiga tushgan optik nurlanish sirtidan material ichiga qarab p – n o‘tish yo‘nalishiga perpendikulyar ravishda konsentratsiyasi kamayib boruvchi elektron – teshik juftliklar hosil qiladi. Agar sirt yuzasidan p – n o‘tishgacha bo‘lgan masofa nurning kirish chuqurligidan ($1G'$ dan) kichik bo‘lsa, elektron-teshik juftliklar p – n o‘tishdan ichkarida ham hosil bo‘ladi. Agar p – n o‘tish juftlik hosil bo‘lgan joydan diffuzion uzunlikchalik masofa yoki undan kamroq masofada bo‘lsa, zaryadlar diffuziya jarayoni natijasida p – n o‘tishga etib kelib, elektr maydoni ta’sirida ajratilishi mumkin. Elektronlar p – n o‘tishning elektron bor bo‘lgan qismiga (n – qismiga), teshiklar p – qismiga o‘tadi. Tashqi p va n – sohalarni birlashtiruvchi elektrotlarda (kontaktlarda) potentsiallar ayirmasi hosil bo‘lib, natijada ulangan yuklanma qarshiligi orqali elektr toki oqa boshlaydi (8-rasm).

Quyosh elementlarining samarali ishlashi uchun qator sharoitlarga rioya qilish zarur bo‘ladi:

- yarim o‘tkazgichning aktiv qatlami yutilishining optik koeffitsenti qatlam qalinligi chegarasidagi quyosh nuri energiyasining katta qismini yutilishini
- tamillashi uchun etarlicha kata bo‘lishi kerak;
- yoritishda generatsiyalangan elektronlar va kovaklar aktiv qatlamning har ikkala tomonidan kontakt elektrotlarda samarali yig‘ilishi kerak;
- yarim o‘tkazgichli o‘tishda, quyosh elementi etarlicha yuqori baravarga ega bo‘lishi kerak;

- quyosh elementi bilan ketma – ket ulangan to‘liq qarshilik (kuchlanish qarshiligidan tashqari) ish jarayonida quvvat barqarorlashishini (Joul issiqligi) quvvatni kamaytirishi uchun kichik bo‘lishi kerak;

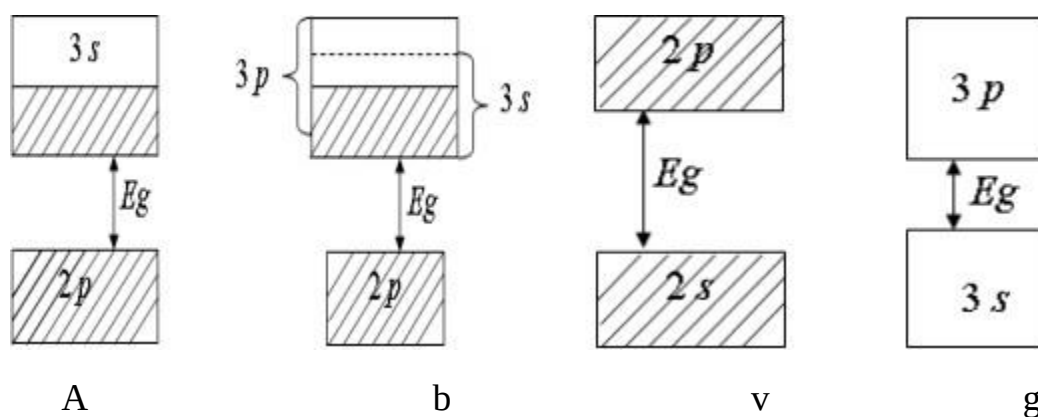
- yupqa qoplama strukturasi shuntlovchi qarshilikni qisqartirishi va element xarakteristikalariga ta’sirini yo‘qotish uchun butun aktiv soha bo‘yicha birlashmasi bo‘lishi kerak.

1839 yilda Fransuz olimi Edmon Bekkerel birinchi bo‘lib, elektrolit yacheykalarda fotovoltaik effektini kuzatdi. 1876 yilda Adams va Deem Londonda selen asosidagi qattiq jisimli fotoelektrik elementlarda tajribalar olib borishdi. Bunda ularning $FIK \approx 0,5\%$ dan oshmagan.

Yarimo‘tkazgichlarning boshqa bir muhim xossasi shundaki, ularda elektr tokini o‘tkazishda faqat manfiy zaryadlar - elektronlar emas, balki (qiymati elektron zaryadiga teng) musbat zaryadlar - kovaklar ham qatnashadi.

Har bir energetik soha chegaralargan miqdordagi energetik sathlardan iborat. Pauli prinsipiga asosan, har bir energetik sathni ikkitadan ortiq bo‘lmagan elektronlar egallashi mumkin³. Qattiq jismda, elektronlar soni chegaralangan bo‘lganda, faqat quyi energetik sathlar elektronlar bilan to‘lgan bo‘ladi. Sohalarni elektronlar egallash tabiatiga asosan, barcha jismlar ikkita katta guruhga bo‘linadilar. Birinchi guruhga elektronlar to‘la egallagan sohaga ega bo‘lgan qattiq jismlar kiradi (1.11 – rasm).

³ Абдурахманов Қ.П. Физика дарслик 2-қисм., Тошкент 2008 й.



1.11– rasm. Qattiq jismlar energetik sohalarini elektronlar egallash turlari

Bunday energetik soha elektronlar bilan qisman to‘lgan atom sathlaridan hosil bo‘lishi mumkin, (ishqor metallarida). Qisman to‘lgan soha, goh paytlarda, elektronlar to‘la egallagan sohani qisman to‘lgan soha to‘sganda ham hosil bo‘lishi mumkin. (Berilliy va ishqor metallarda) (1.11b–rasm). Ikkinchi guruhga elektronlar to‘la egallagan sohadan yuqorida bo‘sh sohalarga ega bo‘lgan qattiq jismlar kiradi (1.11v – va 1.11g –rasmlar).

Qattiq jismlarning bunday namunaviy misollariga Mendeleev davriy jadvalining IV guruh elementlari – uglerod, kremniy, germaniy va kulrang qalay kiradilar. Bu elementlarning kristall panjaralari olmos tuzilishiga o‘xshashdir. SHu ikkinchi guruhga ko‘pgina ximiyaviy birikmalar – metall oksidlari, nitridlar, karbidlar, galogenidlar, ishqor metallari va boshqalar kiradi. Qattiq jismlarning sohalar nazariyasiga asosan, tashqi energetik sohalarning elektronlari, metall yoki dielektrik bo‘lishiga qaramay, amalda bir xil harakat erkinligiga ega bo‘ladilar. Bir atomdan ikkinchi atomga elektronlar tunnel o‘tish orqali harakatlana oladilar. SHunga qaramay bu qattiq jismlarning elektr xususiyatlari bir–biridan juda katta farq qiladilar. Metallarning elektr o‘tkazuvchanligi $\sigma = 10^7 \text{ Om}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ga, yaxshi dielektriklarning elektr o‘tkazuvchanligi esa $\sigma < 10^{-11} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ qiymatlarga yaqin bo‘ladi. Kristall panjara bo‘yicha ko‘chishi mumkin bo‘lgan elektronlarning borligi jismlarda elektr o‘tkazuvchanlikning bo‘lishiga etarli omil emas ekan. Kristallga E – tashqi maydon qo‘yilganda, har bir elektronga bu maydon $F = -qE$ kuch bilan ta’sir etadi. Natijada, elektronlarning tezlik bo‘yicha taqsimoti

simmetriyasi buziladi, tashqi kuchlarga qarshi lektronlar harakati sekinlanishiga va tashqi kuch ta'siri yo'nalishida harakatlanayotgan elektronlar tezlanishiga olib keladi. YUqoridagi tezlanish va sekinlanish, albatta elektronning energiyasini o'zgarishi bilan bog'liqdir, bu esa elektronni yuqori va quyi energiyali yangi kvant holatlariga o'tishini belgilaydi. Bunday o'tishlar, elektronlar egallagan energetik sohada bo'sh holatlar bo'lgandagina sodir bo'ladi. CHunki bu vaziyatda kuchsiz elektr maydoni ham elektronga bo'sh kvant holatlarga o'tish uchun etarlicha qo'shimcha impuls beraoladi. Natijada, qattiq jismdan tashqi maydon yo'nalishiga qarshi harakatlanayotgan elektronlarning imtiyozi oshadi va elektr tokini hosil bo'lishiga olib keladi. Bunday qattiq jismlar yaxshi o'tkazgichlar bo'lishi kerak.

Endi kristallning elektronlar bilan to'la egallangan valent sohasidan, o'tkazuvchanlik sohasi Eg keng energetik tirqish bilan ajralgan bo'lsin. Bunday kristallga qo'yilgan tashqi maydon elektronlarni yuqoridagi bo'sh o'tkazuvchanlik sohasiga o'tkaza olmaganligi uchun valent sohasidagi elektronlarning harakati tusini o'zgartira olmaydi⁴. Bo'sh energetik sathlardan holi bo'lgan valent sohada elektronlar tezligi bo'yicha taqsimot simmetriyasini buzmasdan, faqat o'z o'rinlarini almashtirishlari mumkin. SHuning uchun, bunday jismlarda tashqi elektr maydon elektronlarning yo'naltirilgan harakatini hosil qila olmaydi. Bunday qattiq jism, tashqi maydon ta'sirida elektr toki hosil bo'lmagani uchun, u elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lmaydi. Xulosa qilib aytganda, elektr o'tkazuvchanlik bo'lishi uchun qattiq jismlar energetik spektrida elektronlar bilan qisman to'ldirilgan energetik sohalar bo'lishi zarur (1.11 – rasm). Qattiq jismlar energetik spektrida bunday qisman to'lgan energetik sohalarning bo'lmasligi ularda elektr o'tkazuvchanlik yo'q bo'lishiga sabab bo'ladi⁵. Ikkinchi guruhdagi qattiq jismlarning taqiqlangan sohasi kengligiga qarab, ularni dielektrik va yarimo'tkazgichlarga bo'lish mumkin. Dielektriklarga, nisbatan keng taqiqlangan

⁴ Бахадырханов М.К. Абдурахмонов Б.А, Саитов Э.Б. Исследование вольт-амперной характеристики микроструктуры кластеров атомов никель-кремний // Материалы международной конференции, посвященной 70-летию физико-технического института. «Фундаментальные и прикладные вопросы физики», 14-15 ноября 2013 года. С. 107-108.

⁵ Боходирханов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Абдурахмонов Б.А., Саитов Э.Б. Куёш элементларини ишлаб чиқаришда нанотехнологиянинг ўрни. //International Theoretical and Practical Conference Education and Science for Sustainable Development April 6-8, 2016, Tashkent, Uzbekistan. PP. 59-60.

sohaga ega bo'lgan qattiq jismlar kiradi. Odatdagi dielektriklar taqiqlangan sohasi kengligi $E_g > 3 \text{ eV}$ dan katta bo'ladi. Masalan, olmosda $E_g = 5,2 \text{ eV}$, bornitrida $E_g = 4,6 \text{ eV}$, alyumin oksidida $\text{Al}_2\text{O}_3 - E_g = 7 \text{ eV}$, ga tengdir.

Tor energetik sohalarga ega bo'lgan qattiq jismlar yarimo'tkazgichlarga kiradi, ularning kengligi taxminan $\sim 1 \text{ eV}$ atrofida bo'ladi. Masalan: Germaniyda (Ge): $E_g = 0,66 \text{ eV}$;

Kremniyda (Si): $E_g = 1,08 \text{ eV}$;

Antimonid indiyda (In Sb): $E_g = 0,17 \text{ eV}$;

Arsenid galliyda (Ga As): $E_g = 1,42 \text{ eV}$.

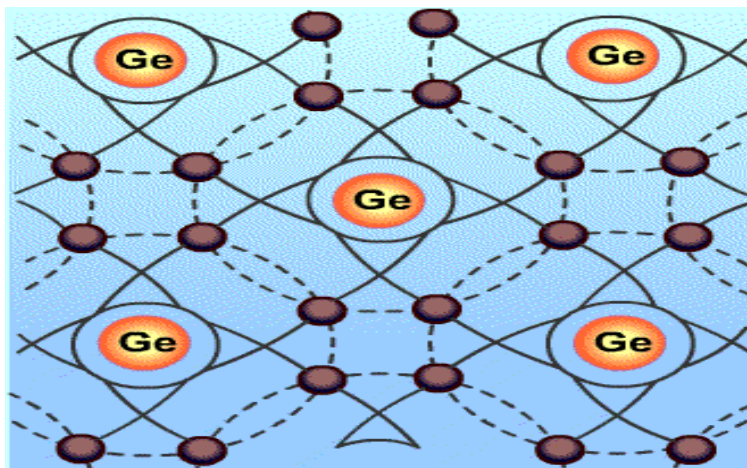
Yarimo'tkazgichlar - elektr tokini yaxshi o'tkazuvchi moddalar (o'tkazgichlar, asosan metallar) va elektr tokini amalda o'tkazmaydigan moddalar (izolyatorlar yoki dielektriklar) orasidagi oraliq vaziyatni egallagan moddalar sinfi. Yarimo'tkazgichlarning xossalari va xarakteristikalari ularning tarkibidagi kirishmalarning mikroskopik miqdoriga kuchli bog'langandir. Yarimo'tkazgich tarkibidagi kirishma miqdorini protsentning o'n millionli ulushlaridan to $0,1 - 1\%$ gacha o'zgartirib, uning elektr o'tkazuvchanligini millionlarcha marta oshirish mumkin.

Agar hech qanday kirishmalar mutlaqo bo'lmagan ideal yarimo'tkazgich kristallni olsak, uning elektr tokini o'tkazish xususiyati xususiy elektr o'tkazuvchanlik deb ataluvchi kattalik bilan aniqlanadi.

Yarimo'tkazgich kristallda atomlar tashqi elektron qobig'i elektronlari yordamida o'zaro bog'langanligini (1.12 va 1.13 - rasm) larda keltirilgan. Atomlarning issiqlik tebranishlari vaqtida issiqlik energiyasi bog'lanish hosil qiluvchi elektronlar orasida notekis taqsimlangan bo'ladi. Ayrim elektronlar o'z atomidan «uzilib ketish» va kristallda erkin ko'cha olish imkonini beradigan etarli miqdordagi issiqlik energiyasiga ega bo'lib olishi mumkin (boshqacha aytganda, ular o'tkazuvchanlik zonasiga o'tadi) (Qattiq jism).

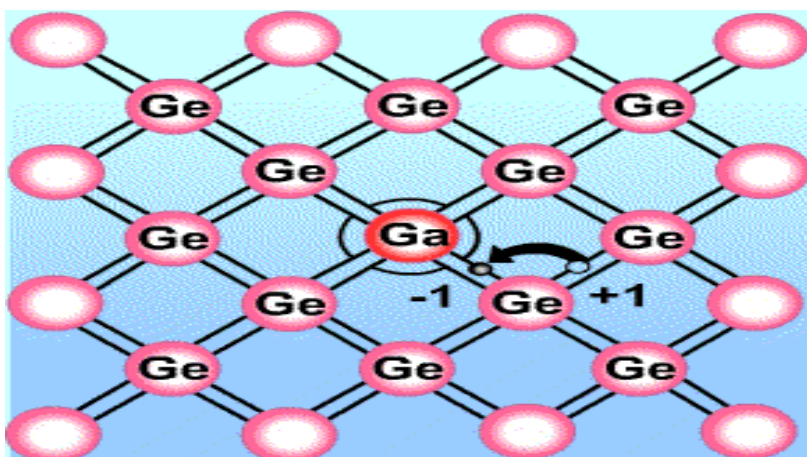
Elektronning bunday «uzilib ketishi» atomning elektr neytralligini buzadi, unda «ketib qolgan» elektron zaryadiga miqdoran teng musbat zaryad vujudga keladi. Elektrondan bo'shab qolgan bu holatni kovak deyiladi. Bo'sh holatni

(vakant joyini) qo'shni bog'lanishdagi elektron egallashi mumkin bo'lgani sababli kovak ham kristall ichida ko'chib yura oladi va u musbat zaryadli tok tashuvchilik vazifasini o'taydi. Tabiiyki, bunday sharoitda elektronlar va kovaklar teng miqdorda vujudga keladi va bunday ideal kristallning elektr o'tkazuvchanligini ham musbat, ham manfiy zaryadlar bir xilda belgilaydi.



1.12 – rasm. Yarimo'tkazgich kristallda donor atomlar tashqi elektron qobig'i elektronlari yordamida o'zaro bog'langanligi

Germaniy yoki kremniy kristallining atomlari bir-biridan shunday masofada tartiblanib joylashadilarki, bu atomlarning tashqi elektron qobiqlari to'ladi. Qo'shni atomlarning elektronlarida umumiy orbitalar hosil bo'ladi. Kovalent bog'lanishlar shunday hosil bo'ladi.

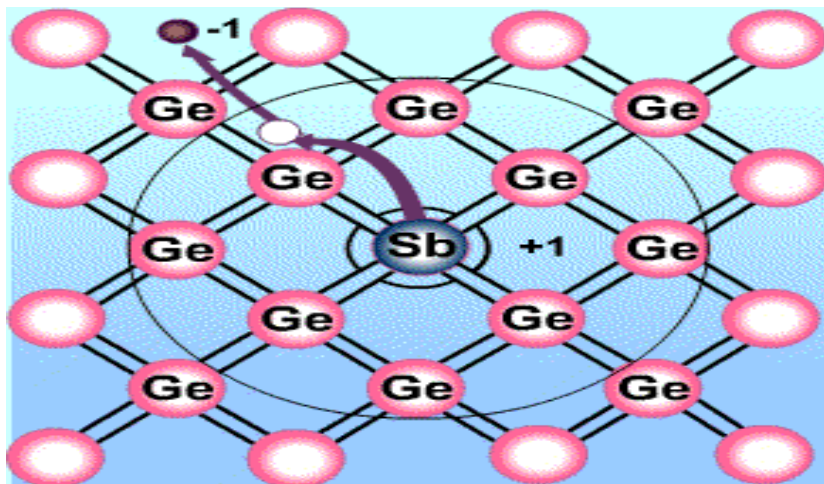


1.13 – rasm. Yarimo'tkazgich kristallda akseptor atomlar tashqi elektron qobig'i elektronlari yordamida o'zaro bog'langanligi

Germaniyga kirishma sifatida davriy sistemaning III gruppada kimyoviy elementlarini kiritib, kristallda kovaklar kontsentratsiyasini oshirish va elektronlar kontsentratsiyasini kamaytirish mumkin.

Agar asosiy yarimo'tkazgich atomi o'rniga tashqi elektronlar qobig'ida asosiy yarimo'tkazgich atomiga nisbatan bitta elektron ortiq bo'lgan kirishma atomi joylansa, u holda bunday elektron kristalldagi atomlararo bog'lanish tashkil qilish uchun kerakmasdek, o'z atomi bilan zaif bog'langandek bo'lib qoladi. Uni o'z atomidan ajratib yuborish va erkin elektronga aylantirish uchun yakka atomdan ajratish uchun kerak bo'ladiganidan o'nlarcha marta kam energiya etarlidir. Bunday kirishmalarga donor kirishmalar, ya'ni «ortiqcha» elektron beradigan kirishmalar deyiladi. Elektronidan ajralgan kirishma atomi, tushunarlikki, musbat zaryadlanadi, ammo bu holda kovak paydo bo'lmaydi, chunki faqat atomlararo to'lmagan bog'lanishdagi elektron vakansiyasi kovak bo'la oladi, mazkur holda esa barcha bog'lanishlar to'ldirilgan. Bu musbat zaryad o'z atomi bilan bog'langanligicha (harakatsiz) qoladi va, binobarin, elektr o'tkazish protsessida qatnasha olmaydi. Yarimo'tkazgichga tashqi elektronlar qobig'ida asosiy modda atomiga nisbatan kamroq elektron bo'lgan kirishma kiritilsa, u to'lmagan bog'lanishlar, ya'ni kovaklar paydo bo'lishiga olib keladi. Yuqorida aytilganidek, bu vakansiyani qo'shni bog'lanishdagi elektron egallashi mumkin bo'lib, bunda kovak kristall bo'yicha erkin ko'chish imkonini oladi. Boshqacha aytganda, kovakning harakati elektronning bir qo'shni bog'lanishidan ikkinchisiga ketma-ket o'tishidir. Elektronni «qabul qiluvchi» bunday kirishmalarga akseptor kirishmalar deyiladi. U yoki bu tipdagi kirishmalar miqdori oshgan sari kristallning elektr o'tkazuvchanligi borgan sari ravshan ifodalanadigan elektron yoki kovak o'tkazuvchanlik bo'lib qoladi. negativ va pozitiv degan lotin so'zlarining birinchi harflari bilan muvofiq ravishda elektron elektr o'tkazuvchanlikka n- tip, kovak elektr o'tkazuvchanlikka p- tip elektr o'tkazuvchanlik deyiladi. Shu yo'sinda mazkur yarimo'tkazgich uchun harakatchan zaryad tashuvchilarning qaysi tipi asosiy, qaysinisi asosiy emasligi ta'kidlanadi. Kirishmalar mavjudligidagi (ya'ni kirishmali) elektr o'tkazuvchanliklar kristallda avvalgidek ikki tipdagi tashuvchilar

qolaveradi: yarimo'tkazgichga asosan kirishmalar kiritish hisobiga paydo bo'lgan asosiy tashuvchilar va issiqlik harakati taqozo qilgan asosiy bo'lmagan tashuvchilar bo'ladi. Muayyan yarimo'tkazgich uchun ma'lum temperaturada 1 sm³ dagi elektronlar soni (konsentratsiysi) n va kovaklar soni p ko'paytmasi o'zgarmas miqdor $n \cdot p = \text{const}$ bo'lishini ta'kidlab o'tish lozim.



1.14 – rasm. Yarimo'tkazgich atomlarida temperatura ko'tarilgan sari kristallda atomlarning tebranishlari

Bu kirishmalarni kiritish hisobiga mazkur tipdagi tashuvchilar konsentratsiyasini bir necha marta orttirib, boshqa tipdagi tashuvchilar konsentratsiyasini o'shancha marta kamaytirish demakdir. Yarimo'tkazgichlarning yuqorida bayon qilinganlardan kelib chiqadigan muhim xossasi ularning temperaturaga va nurlanishga kuchli sezgirligidir. Temperatura ko'tarilgan sari kristallda atomlarning tebranishlari 1.14-rasmda o'rtacha energiyasi ortadi va tobora ko'proq miqdorda bog'lanishlar uziladi.

Tobora yangi va yangi elektronlar hamda kovaklar juftlari paydo bo'ladi. etarlicha yuqori temperaturalarda xususiy issiqlik o'tkazuvchanlik kirishma o'tkazuachanligi bilan tenglashadi, hatto undan oshib ketadi. Kirishmalar konsentratsiyasi qancha yuqori bo'lsa, bu effekt shuncha yuqoriroq temperaturada sodir bo'ladi.

Agar yorug'lik kvantlari energiyasi yarimo'tkazgichdagi bog'lanishlarni uzib yuborish uchun etarli bo'lsa, u holda yarim o'tkazgichli yorug'lik bilan nurlantirib

ham bog'lanishlarni uzib yuborish mumkin. Turli yarimo'tkazgichlarda bog'lanishlarni uzish energiyasi turlicha, shuning uchun ular nurlanish spektrining u yoki bu uchastkasini turlicha sezadi.

Yarimo'tkazgichlarning bu eng muhim xossalaridan vazifasi va qo'llanish sohasi turlicha bo'lgan yarimo'tkazgich asboblari yaratishda foydalaniladi.

Birinchi bo'lib amaliy qo'llana boshlangan yarimo'tkazgich material selen bo'lgan edi. Hozirgi vaqtda germaniydek yarimo'tkazgichni ortda qoldirib eng ko'p qo'llanilayotgan yarimo'tkazgich - bu kremniydir. Selen, germaniy va kremniy elementar yarimo'tkazgichlar, ya'ni D.I.Mendeleev davriy sistemasi elementlari bo'lgan yarimo'tkazgichlar turkumiga taalluqli. Germaniy va kremniy bilan bir qatorda davriy sistemaning III va V, II va IV, II va VI gruppalari elementlarining murakkab birikmalari tobora keng qo'llanilayotir. Bu erda, masalan, galliy bilan margimush (galliy arsenidi), galliy bilan fosfor, kadmiy, simob bilan tellur birikmalarini va boshqa birikmalarni esga olish lozim.

Yarimo'tkazgichlarga zarur xossalar beradigan kirishmalar sifatida bor, fosfor, indiy, margimush, surma va boshqa ko'p elementlar ishlatiladi. Yarimo'tkazgichga kiritiluvchi kirishmalarning odatdagi miqdori protsentning o'nli va yuzli ulushlari orasida bo'ladi. Muntazam kristall panjarali (monokristall) hamda kirishmaning zarur miqdori va taqsimoti qat'iy nazorat qilinuvchi yarimo'tkazgich kristallarni hosil qilish - maxsus tozalikka rioya qilingan sharoitda yuqori darajada aniq va murakkab asbob-uskunalar ishlatiladigan juda ham murakkab texnologik jarayon. Yuqorida bayon qilingan barcha jarayonlarni ham zonalar nazariyasi yordamida tushuntirish mumkin.

Nazorat savollari

1. MEMlarini qishloq xo'jaligidagi ahamiyati?
2. Manba resurslariga nimalar kiradi?
3. Zahira deganda nimani tushinasiz?
4. Iqtisodiy potensial nima?
5. Muqobilenergiya manbalarining potensial zahiralarini turlarini ayting?

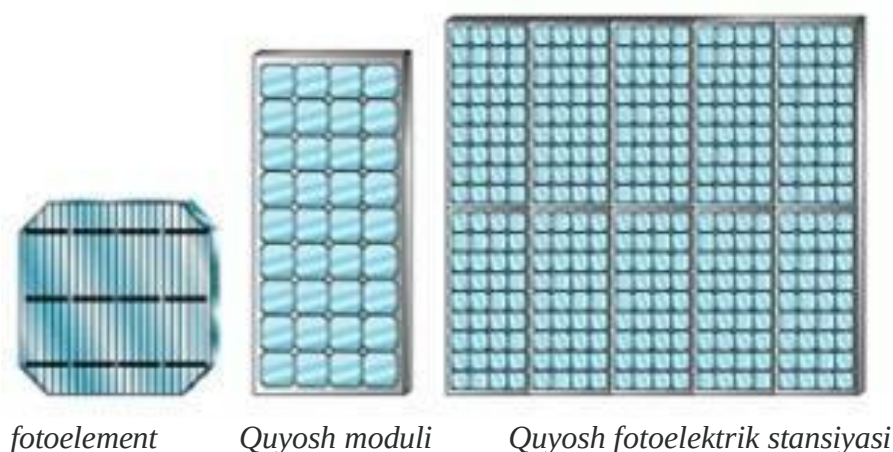
6. Muqobil energiya manbalari fanining vazifasini aytib bering?
7. Muqobil energiya manbalari turlarini aytib bering?
8. Muqobil energiya manbalari xalq va qishloq xo'jaligida qanday ahamiyatga ega?
9. O'zbekistonda yoqilg'i - energiya resurslarni kimyoviy tarkibini ayting?
10. O'zbekistonning uglevodorod xom-ashyosi bilan ta'minlanganligi qanday?
11. SKP-2 yassi quyosh kollektorini tuzilishini aytib bering?
12. Quyosh kollektorini ishlash prinsipini tushintiring?
13. Tajriba bajarish tartiblarini ayting?
14. SKP-2 yassi quyosh kollektorini texnik xarakteristikasini aytib bering?
15. Issiqlik qizdirgichida maksimal harorat qanday bo'lishi kerak?
16. Gidravlik qarshilik koeffitsienti qanday aniqlanadi?
17. Quyosh kollektori qayerlarga qo'llaniladi?
18. Fermer xo'jaligida qanday biogaz qurilmasidan foydalanish mumkin?
19. Biogazni qanday chiqindilardan olinada va bir-biridan farqi?
20. Muqobil energiya manbalarini qishloq xo'jaligida qo'llash va foydalanish usullarini ayting?
21. Qishloq xo'jaligida qanday sohalarini MEM asosida elektr energiya bilan ta'minlash mumkin?

II. BOB. FOTOELEKTRIK BATAREYALARNI TASHKIL QILUVCHI TUZULMALARNING XUSUSIYATLARINI O'RGANISH

2.1. Fotoelektrik panellarini tayyorlash texnologiyasi

Quyosh fotoelektrik panellari quyosh fotoelementlaridan tashkil topgan bo'ladi. Biz katta miqdorda elektr energiyasi ishlab chiqarmoqchi bo'lsak albatta etarli va ko'p sonli quyosh panellarini ishlab chiqarishimiz kerak bo'ladi.

Quyosh fotoelektrik modullarining fotoelementlari polikristal to'rtburchak yoki kvadrat shaklida va monokristalli fotoelementlar esa psevdokvadrat shaklda bo'ladi.



2.1-rasm. Quyosh fotoelektrik stansiyasining tarkibiy qismlari

Quyosh panellarini (fotoelektrik modul yoki quyosh moduli) ishlab chiqarishga ko'ra ko'p o'lchamlari va ko'p turlari mavjud.

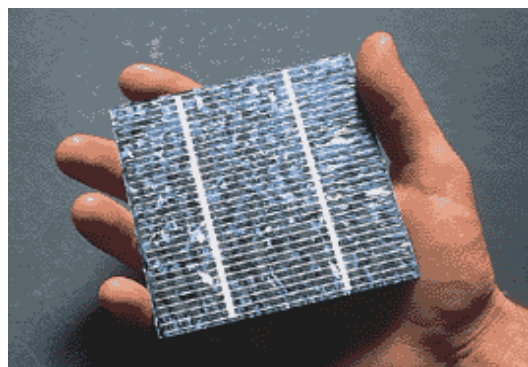
Fotoelektrik modul eng ko'p tarqalgan turi bu quvvati (40÷260 Vt minimal quvvatga quyosh nuri past bo'lganda va maksimal quvvatga quyosh nuri tiniq xamda optimal burchak ostida bo'lganda) ega bo'ladi. Ushbu quyosh modullari 0,4 dan 2,5 m² o'lcham oralig'ida bo'ladi. Quyosh modullari keng o'lchamda ishlab chiqarish quvvatiga qarab sotuvga qo'yiladi. Quyosh panellari (PV panels) yoki ulanishiga ko'ra (arrays) deb xam atalishi mumkin. Ularni ishlab chiqarishda quvvatlari farqi bo'yicha 10, 20, 30, 40, 50, 100 va 400 Vt gacha ishlab chiqariladi.

Xozirgi vaqtdagi quyosh modullarining 5-20 % FIK ega bo'lganlari elektr energiya tarmog'iga ulangan bo'lib, bu esa dunyoda ishlab chiqarilayotgan energiya bilan quyosh elementlari orqali ishlab chiqarilayotgan elektr energiyani transformatorlarda taqsimlanmoqda.

Bugungi kunga kelib yangi materiallar asosida FIK 45 % gacha bo'lgan quyosh panellari ishlab chiqarish bo'yicha dunyoning ilmiy tadqiqot laboratoriyalarida ko'plab izlanishlar olib borilmoqda. Albatta ishlab quyosh elementlarini ishlab chiqarishdagi tannarx juda zarur. Bir qancha yangi texnologiyalar asosida yupqa qatlamli quyosh elementlari ishlab chiqarish bo'yicha katta masshtabda quyosh panellarini va modullarni arzonlashtirish ishlari boshlab yuborildi.

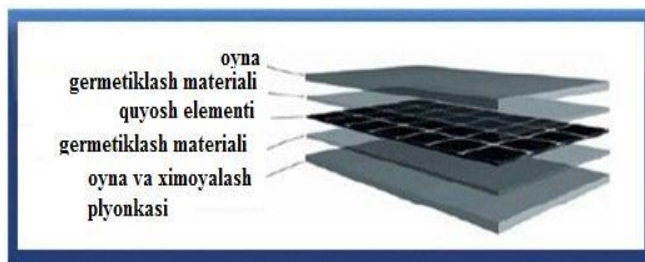
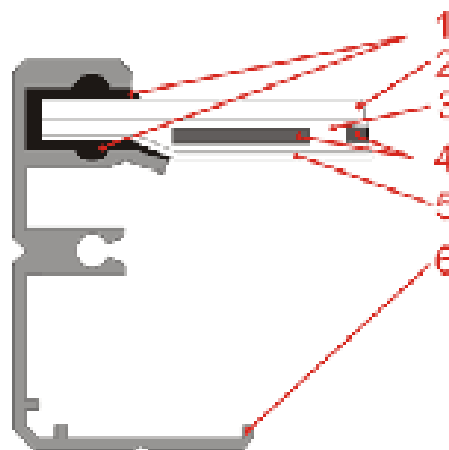


2.2-rasm. Quyosh moduli qurilmasini uy tomida o'rnatilgan xolati



2.3-rasm. Polikristal kremniy asosidagi quyosh elementi

Quyosh modulidagi kremniy kristali ko'p qatlamli bo'lishi mumkin. Yuqoridagi rasmda bir qancha qatlamlardan iborat quyosh paneli keltirilgan. Ochiq xavoda yil mobaynida tashqi ta'sirlarga bardoshliyligini o'zgartirmaydigan holatda, ishlovchi quyosh paneli uchun germetik materiallar zarur bo'ladi. Nam xavo yoki suv quyosh moduliga kirganda, quyosh kontaktlarining oksidlanishi evaziga ularda karroziya va erroziya xolati yuz beradi, bunda quyosh modulining ishlamay qolishiga olib keladi. Juda oddiy va sifatli germetik plyonka bu EVA (etelen vinil atsetat). Afsuski bu fotoelektrik modullarning vaqt o'tishi bilan shaffofligini yo'qotishiga olib keladi.

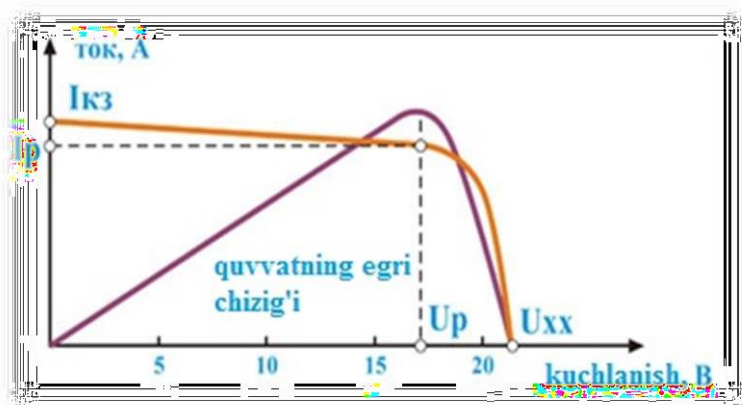


2.4-rasm. Quyosh modulning tarkibiy tuzulmasi.

2.5-rasm. Quyosh modulning tarkibi.

1 — germetik; 2 — oyna; 3 — Germetik plenka; 4 — quyosh fotoelementi; 5 — ximoyalash plenka; 6 — Korpus

Xozirgi kunda ushbu germetiklash materialini o‘rnini bosa oladigan materialni izlash bo‘yicha katta ilmiy izlanishlar olib borilmoqda lekin xozirgacha EVA (etelen vinil atsetat) o‘rnini bosa oladigan germetiklash materialini ishlab chiqarish qo‘llanilmadi.



2.6- rasm. Quyosh panelining volt amper tasnifi (VAT)

Quyosh moduli ko‘rinishidagi panel oxirida alyumin profilga o‘rnatiladi. Fotoelektrik generator panel ko‘rinishida bo‘lib, u oynali plitada orqa tarafi bilan ikki tomonlama germetiklash (laminatsiya) plenkasini quyosh fotoelementiga metall (nikel) plastinkalar orqali maxkamlangan bo‘lib unda elektr energiya fotoelementlardan (-) va (+) zaryadlar umumlashtiriladi. Pastki germetiklash

plyonkasi ichki qatlamlarni ximoya qilishga xizmat ko'rsatadi. Korpusning ichki tuzilishi orqali fotoelektrik modulni korpusga mustaxkamlangan. Modul korpusining ichki qismida modullarni bir biriga ulash uchun panel tagida elektrik kontakti bo'lgan qopqoq bloki o'rnatilgan.

Quyosh modulining volt-amper va volt - vatt tasnifi. Quyosh modulining ishchi xolatdagi volt amper tasnifini (VAT) kombinatsiyalashgan tok kuchi va kuchlanishlarda olishimiz mumkin. Xozirgi vaqtda ishchi xolatdagi quyosh modulining xaqiqiy bitta nuqtasi tanlab olinadi. Ushbu nuqtani modulga qarab tanlanmaydi balki quyosh modulini tanlashda zanjirning (quyosh batareyasi) elektr tasnifi o'rganiladi.

Quyosh fotoelektrik modulida tok kuchi 0 ga teng bo'lganda, kuchlanish maksimal qiymatga erishadi, bu holatga $V_{s,yu}$ – salt yurish kuchlanishi deyiladi. Aksincha quyosh fotoelektrik modulida kuchlanish 0 ga teng bo'lganda, tok kuchi maksimal qiymatga erishadi, bu holatga $I_{q,t}$ – qisqa tutashuv toki deyiladi. Ushbu nuqtada quyosh modulining VAT quvvati 0 ga teng. Amaliy jixatdan bu tizimda etarlicha quvvat to'planganda tok kuchi va kuchlanish kombinatsiya bilan ishlaydi. Maksimal quvvatdagi kombinatsiya (TMM yoki MRR) deb ataladi. Mos holda naminal kuchlanish va tok kuchi (U_n va I_n) belgilanadi. Albatta shu parametrlar orqali quyosh modulining umumiy quvvati va FIK aniqlash mumkin.

Xozirgi vaqtda to'g'ridan to'g'ri quyosh modulini, akkumulyator batareyasi bilan belgilangan kuchlanishda birgalikda ishlashi maqsadga muvofiqdir. Dunyoning barcha joylarida akkumulyator batareyalari uchun ularning aniq hisob kitoblarini qilishimiz lozim, masalan quyosh modullari 10 V dan 14,5 V gacha kuchlanishga ega bo'lishi mumkin ammo ularning o'rnatilgan kuchlanish qiymati 12 V ga teng. Agarda sizga 24 V kerak bo'lsa, albatta ketma ket ulagan xolda kuchlanishni 24 V qilishimiz mumkin. SHunga mos ravishda uning ishlash parametrlari iste'molchiga maqbul darajada bo'lishi lozim.

Nima uchun 17 V li quyosh panellari aslida 12 V da ishlaydi?

Bu fotoelektrik modulda kuchlanish yuqotilishini kompensatsiyalash va akkumulyator batareyasida to'liq zaryadni saqlash imkonini yaratadi. Insonlarda odatda oddiy savol tug'iladi, "Nega quyosh fotoelektrik panelini 12 V beradigan

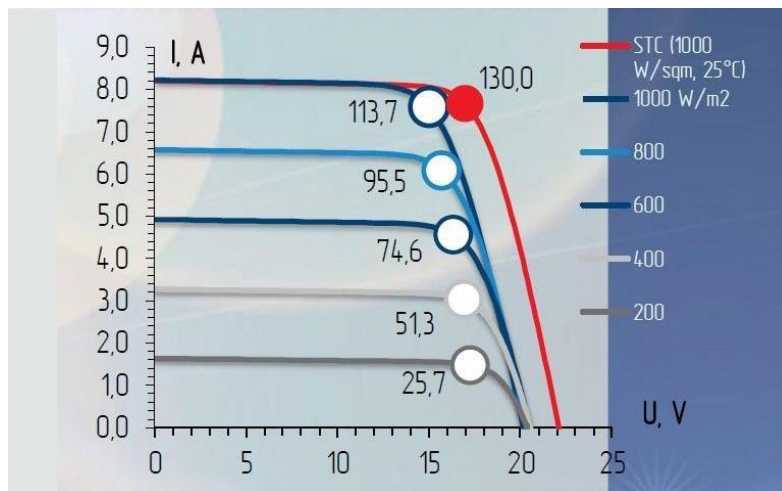
qilish mumkin emas”. Agar siz modulni akkumulyasiya batareya zaryadi uchun zarur kuchlanish bilan ta’minlamoqchi bo’lsak, bu faqat ideal xolatda va ularning harorati past, ochiq xavoda sodir bo’lishini bilib olamiz. Odatda bunday jarayonlar real sharoitlarda yuz bermaydi. SHuning uchun quyosh fotoelektrik moduli quyosh nurlanishini ta’sirida o’ta qiziganda, yuza qismi changlanganda va yoritilganlik etarli bo’lmaganda akkumulyasiya batareyani zaryadlash uchun kuchlanishiga ko’ra yuqori bo’lishi zarur. Aytish lozimki, ochiq quyoshli xavoda sovuq bo’lishiga qaramasdan quyosh fotoelektrik panellari a’lo darajada ishlaydi. Normal sharoitda qachonki FIK 18-19 % quyosh fotoelektrik panellari 40-45 °S gacha qiziganda, ularning quvvati 15 – 17 % ga kamayadi.

Ma’lumki 12 V kuchlanishga ega akkumulyasiya batareyani zaryadlash uchun unga 14,5 V miqdorida kuchlanish berish (past haroratlarda 15 Vgacha) zarur. Real sharoitlarda quyosh fotoelektrik modulining naminal kuchlanishi 17 V dan kichik bo’ladi.

- Birinchidan bu quyosh fotoelektrik modulining harorati quyosh nuri ta’sirida qizishi hisobiga bo’lib, modul harorati 25 °C dan har bir gradus Selsiyga ko’tarilganda -2,3 mV dan kamayadi, ya’ni kuchlanish bo’yicha harorat koeffitsienti $\frac{dU}{dT} \approx -2,3 \frac{mV}{C^0}$ ni tashkil etadi;

- Ikkinchidan ulash kabellarida kuchlanish yo’qotilishi hisoblanadi;
- Uchunchidan atmosfera tarkibidagi chang va aerosol konsentratsiyasi ham quyosh fotoelektrik modulining salt yurish kuchlanishi va tok kuchi kattaliklariga jiddiy ta’sir ko’rsatadi.

Olimlarning tadqiqotlariga ko’ra, chang konsentratsiyasining yuqori ko’rsatgichi quyosh fotoelektrik modulining va boshqa gelioqurilmalarining samaradorligiga salbiy ta’sir qilib u qurilmaning FIK ni 40-50 % gacha kamaytirishi mumkin.



2.7-rasm. Quvvati 130 Vt monokristall turdagi fotoelektrik modulning yoritilganlikka bog‘liqlik VAT

Quyosh fotoelektrik panelining quvvati yoritilganlikka to‘g‘ri proporsional ravishda o‘zgaradi. Ma’lum aniq yoritilganlikda, ya’ni juda past qiymatlarda quyosh fotoelektrik moduli elektr energiya berishni to‘xtatadi. Yoritilganlik kristall turiga, ya’ni kremniy fotoelektrik modullari uchun taxminan 150 – 200 Vt/m² ni, amorf kremniyli modullar uchun 100 Vt/m² atrofida bo‘ladi.

Shuningdek quyosh fotoelektrik modullarining quvvati yuqorida takidlaganimizdek tashqi muhit haroratiga xam bog‘liq bo‘ladi. Polikristall va monokristall turdagi kremniy quyosh fotoelektrik modullari uchun FIK bo‘yicha harorat koeffitsienti -0,45 % ga teng. Amorf turdagi quyosh fotoelektrik modullari uchun bu ko‘rsatgich 2 marta kichik bo‘lib, so‘ngi yillarda uch o‘tishli amorf quyosh fotoelektrik modullarining ishlanmalarida quvvat bo‘yicha harorat koeffitsienti musbat hisoblanadi.

 KYOCERA PHOTOVOLTAIC MODULE			
MODEL KD220GX-LFBS			
IRRADIANCE AND CELL TEMPERATURE	1000Wm ⁻² AM 1.5 25° C	800Wm ⁻² AM 1.5 47.9° C	MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE
P _{max}	220 W	156 W	600 V
V _{pmax}	26.6 V	23.6 V	
I _{pmax}	8.28 A	6.62 A	
V _{oc}	33.2 V	-	MASS 18.6 Kg
I _{sc}	8.98 A	-	
SERIAL NO.	11YPSY0545		Q

2.8-rasm. Quyosh fotoelektrik modulining orqa tomonida yopishtiriladigan elektrofizik parametrlari pasporti

Fotoelektrik moduli pasportida quyidagi parametrlar ($U_{s,yu}$, $I_{q,t}$, MQN, V_n , I_n) aks ettirilgan. Quyosh zaryad kontrollerlari va kuchlanish invertorlarining yangi avlodi eksplatatsiya jarayonida modul samarador ko'rsatgichini ta'minlash uchun maksimal quvvat nuqtasini (MQN) saqlab turadi. Ular bu maksimal nuqtada tok kuchi va kuchlanish qiymatlarini maksimal ushlab turadi. SHunday qilib MRRT kontrollerlari kuchlanishni kamaytirib tokni oshirishda yordam beradi. Maksimal nuqtadagi quvvatni kuzatish quyosh fotoelektrik modulida elektr energiya ishlab chiqarishni 15-30 % ga oshirishni ta'minlaydi.

Fotoelektrik batareyalar yoki quyosh batareyalari (QB) murakkab qurilmalar bo'lib, ular ma'lum tartibda ulangan QE dan va bu elementlar joylashtirilgan eltuvchi asoslardan iboratdir. Bular tarkibiga ajratuvchi diodlar ham kiritilgan bo'lishi mumkin. QB konstruksiyasi silkinish va urinishlarga chidamli va ishlashga oson bo'lishi kerak. QB tayyorlashning texnologiyasini yaratish uchun QE larining potensial imkoniyatlaridan to'la foydalanish maqsadga muvofiqdir. Buning uchun QB tayyorlash texnologiyasi batareya quvvati yo'qotishlarni maksimal kamaytirish imkonini berishi zarur.

QB larida quvvatning yo'qotilishi ikki xil bo'ladi, bular optik va elektrik yo'qotishlardir. Ular quyidagilardir:

- 1) elektrik yo'qotishlar. Elektrik yo'qotishlar asosan QE parametrlarini aniq

o'lchashga va ularni parametrlariga qarab aniq saralashga bog'liqdir. Parametrlarga qarab saralash elektrik yuklanmaning optimal nuqtalariga yaqin qilib olib borilishi kerak;

2) optik yo'qotishlar. Optik yo'qotishlar bu tushayotgan quyosh nurining QE lariga hammasi etib bormasligidadir. Jumladan, bu yo'qotish QB sini germetizatsiya qilishdagi (germetik materialining bir jinsli bo'lmaganligi va texnologik jarayon natijasida paydo bo'ladigan nuqsonlar) va frontal yuzaga tushayotgan nurni o'tkazuvchi qoplama (oyna yoki plastik modda) dagi yo'qotishlardan iborat.

Quyosh batareyalari tayyorlashdagi asosiy texnologik jarayonlar quyidagilardan iboratdir:

- QE larini tegishli parametrlar bo'yicha saralash;
- elementlarni berilgan kuchlanish va tok kuchi olish uchun kommutatsiya qilish;
- QB larini korpuslarini tayyorlash;
- kommutatsiya qilingan elementlarni batareyaga joylash va uni germetizatsiya qilish;
- QB larini parametrlar bo'yicha o'lchash va saralash.

QE larini kommutatsiya qilish. Kerakli kuchlanish va tok kuchi olish uchun QE lari parallel, ketma-ket yoki kompleks ravishda kommutatsiya qilinadi. Umuman aytganda QB sining elektrik quvvati batareyadagi QE lari quvvatlarining yig'indisiga teng bo'lishi kerak. Agar bunday bo'lmasa, demak yo'qotishlarni kamaytirish usulini topish zarur. QB sining toki batareyadagi parallel ulangan elementlar tokining yig'indisi bilan aniqlanadi, kuchlanishi esa ketma-ket ulangan elementlar kuchlanishlarning yig'indisi bilan belgilanadi. Quyida hisoblash formulalari keltirilgan.

$$U_{kb} = N_{kk} U_{ke}, \quad (2.1)$$

$$I_{kb} = N_{par} I_{ke}, \quad (2.2)$$

$$P_{kb} = N_{\Sigma} P_{ke}, \quad (2.3)$$

$$P_{kb} = U_{kb} I_{kb}, \quad (2.4)$$

$$P_{ke} = U_{ke}I_{ke}, \quad (2.5)$$

$$N_{\Sigma} = N_{kk}N_{par} \quad (2.6)$$

Bu erda U_{kb} va U_{ke} mos ravishda QB va QE kuchlanishlari, N_{kk} va N_{par} mos ravishda ketma-ket va parallel ulangan elementlar soni, P_{kb} va P_{ke} mos ravishda QB va QE quvvatlari.

Misol: Quyidagi parametrlarga ega bo'lgan QE berilgan, yuklanmada kuchlanishlar pasayishi $U_{yukl} = 0,4$ V da maksimal tok kuchi $I = 0,5$ A. SHu QE laridan 100 tasi ketma-ket va 300 tasi parallel ulangan. Tayyorlangan QB sining parametrlari qanday? $I_{kb} = 100 \times 0,5 = 50$ A, $U_{kb} = 300 \times 0,4 = 120$ V va $P_{kb} = 50 \times 120 = 6000$ Vt.

Fotoelektrik qurilmalarning ishlash sharoiti va quvvatiga qarab shartli ravishda ularni ikki guruhlariga bo'lish mumkin:

1) ko'chirma, ko'tarma (yig'ma) quyosh batareyalari va fotoelektrik qurilmalar. Bunday qurilmalar asosan markazlashgan an'anaviy elektr tarmoqlaridan uzoqda joylashgan kam quvvatli iste'molchilarni avtonom elektr quvvati bilan ta'minlashga xizmat qiladi;

2) fotoelektrik stansiyalar (FES). Bu qurilmalar ishlab chiqarish, xo'jalik ishlari va turmushda qo'llaniladigan elektr iste'molchilarini avtonom ravishda elektr quvvati bilan ta'minlaydi.

Birinchi guruh uchun iste'molchilar asosan bu ko'tarma radio-teleapparatura, ko'tarma muzlatgichlar, kam quvvatli yoritgichlar va boshqa turmush anjomlari bo'lishi mumkin⁶. Ikkinchi holda esa asosan markazlashgan elektr tarmoqlaridan uzoqda joylashgan qishloq xo'jalik ob'ektlari, meditsina tarmoqlari, alohida fermer xo'jaliklarida suv chiqarish, sug'orish, yoritish va boshqa xo'jalik ishlarida qo'llanilishi mumkin. QB va FES larini ishlab chiqarishda va ularni ishlatishda ayrim quyida keltirilgan sharoitlarni hisobga olish kerak. Jumladan ishlatish sharoiti (geografik tuzilish nuqtai nazaridan tog'lik,

⁶ Э.Б.Саитов., А.Ибрагимов. Ўзбекистонда электр таъминоти тизимига ноаънанавий электр энергияси манбалари энергияси муаммоларини тахлил қилиш. Услубий қўлланмаси. Тошкент – 2017 й. 154 б.

tekislik va hokazo), yorug'lik tushishining intensivligi (kunlik, haftalik, oylik, yillik), namlik va havodagi chang miqdori, yillik haroratning maksimal va minimal qiymatlari, hududning geografik kengligi, mahalliy hududning morfologiyasi va boshqalar e'tiborga olinadi.

Fotoelektrik qurilmaning tarkibi ishlash sharoitiga va iste'molchining talabiga qarab har xil bo'lishi mumkin. Umuman maksimal quvvat olish uchun uning fotoelektrik blok, akkumulyator, is'temolchi bilan akkumulyatorni boshqarish tizimi (kontroller), o'zgarmas tokni o'zgaruvchan 220 V kuchlanish va 50 Gs chastotali tokka aylantirgich (inverter), fotoelektrik qurilmani quyoshning yurishiga qarab holatini kuzatuvchi boshqarish bloki va hokazolardan iborat bo'lgan butlovchi qurilmalar kiradi.

2.2. Fotoelektrik batareyalarning volt amper tasnifi

Quyosh elementlarining planar konstruksiyasi (optik nurlanish tuzilma yuzasiga perpendikulyar tushgan hol) QE texnologiyasida va ularni amaliy ishlatishdagi asosiy konstruksiyadir. Bunday QE har xil YAO' materiallar asosida ishlab chiqildi. Yuqorida keltirilgan tahlillar asosida yuqori samarali optimallashtirilgan konstruksiyalar ishlab chiqildi. Ammo har qanday material uchun ham ularga qo'yiladigan yuqorida keltirilgan asosiy talablar saqlab qolinishi kerakligi aniqlandi. Uni va I_{kz} oshirish uchun r-n o'tishning ikkala tomonida xam albatta diffuzion uzunlikni oshirish maqsadga muvofiqdir. Buni amalga oshirish uchun kerakli material tanlash va p-n o'tishni texnologik tayyorlash jarayonida diffuzion uzunlikni pasaymasligiga harakat qilish kerak. Agar uning pasayishi aniq bo'lsa uni hisobga olish zarurdir. Agar L_d ni frontal sirtida oshirish imkoniyati bo'lmasa, u holda frontal sirt qalinligini $L_p \gg \ell$ ga amal qilgan holda olish kerak. Shu asosda baza parametrlarini tanlash zarurdir.

Quyosh elementlari yaratishning dastlabki davrlarida quyosh nurlanishining spektri maksimumiga qiyoslab, optimal material sifatida man qilingan sohasining kengligi 2 eV bo'lgan YAO' material olingan. Keyinchalik esa, shu narsa

aniqlandiki, fotoaktiv kvantlar sonini oshirish va qisqa tutashuv tokining o'sishi uchun man qilingan soha kengligi E_g ning qiymati 2 eV dan kichik bo'lishi kerak ekan. Ammo bu holat uchun generatsiya qilinayotgan foto-EYUK ning qiymati nisbatan kamayishi aniq, chunki p-n o'tishdagi potensial to'siq qiymati pasayadi.

Keyinchalik varizon (man qilingan soha qiymatini o'zgartirish imkoniyati mavjud bo'lgan materiallar) YAO' materiallarni QE tayyorlashda ishlatilishi imkoniyati paydo bo'lganida, ularni tadbiq qilishning 2 xili taklif qilindi⁷:

- 1) Bevosita geteroo'tishlarni qo'llash;
- 2) Man qilingan sohasi qiymati baza materiali man qilingan sohasi qiymatidan katta bo'lgan YAO' qatlamni keng soha sifatida qo'llash.

Baza sifatida qo'llanilishi kerak bo'lgan materialning QE xususiyatlariga ta'siri to'g'risida ikki xil qarama-qarshi nuqtai nazar mavjud. QE F.I.K. ning baza materiali man qilingan sohasi kengligiga jiddiy bog'likligini asoslash uchun element VAX ni analiz qilish va unga tushayotgan optik nurlanish spektri ta'sirini o'rganish zarur.

1956 yil J.Loferskiy tomonidan Er sharoitidagi quyosh nurlanishi spektri uchun yuqorida talab qilingan nazariy hisob - kitob bajarildi. Har xil optimallashtirilgan materialdan tayyorlangan QE uchun optik va fotoelektrik yo'qotishlarning qiymati baholandi. Bunday namunalarning natijalari quyidagi 2.9- rasmda ko'rsatilgan⁸.

Quyosh elementlarining asosiy xarakteristikasi hisoblangan, volt-ampere xarakteristika (VAX) va spektral sezgirlik YAO' materiallarning optik va elektrofizik xususiyatlariga bog'likdir.

QE VAX p-n o'tishli YAO' diodning VAX idan 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, diodning qorong'ilikdagi xarakteristikasi, I_0 – p-n o'tishning teskari yo'nalishdagi to'yinish toki, q – elektron zaryadi, T – mutlaq harorat, k – Bolsman doimiyligi, U – kuchlanish.

⁷ Бахадирханов М.К., Марковцев А.С., Тачилин С.А. Методы исследования солнечных элементов. Книгу - ТГТУ, Ташкент 2009 г. 139 с.

⁸ А.Т.Мамадалимов, М.Н.Турсунов. Ярим ўтказгичли қуёш элементлари физикаси ва технологияси. Ўқув қўлланма. Тошкент – 2002 й. 19 бет.

$$I_f = I_d + I \quad (2.7)$$

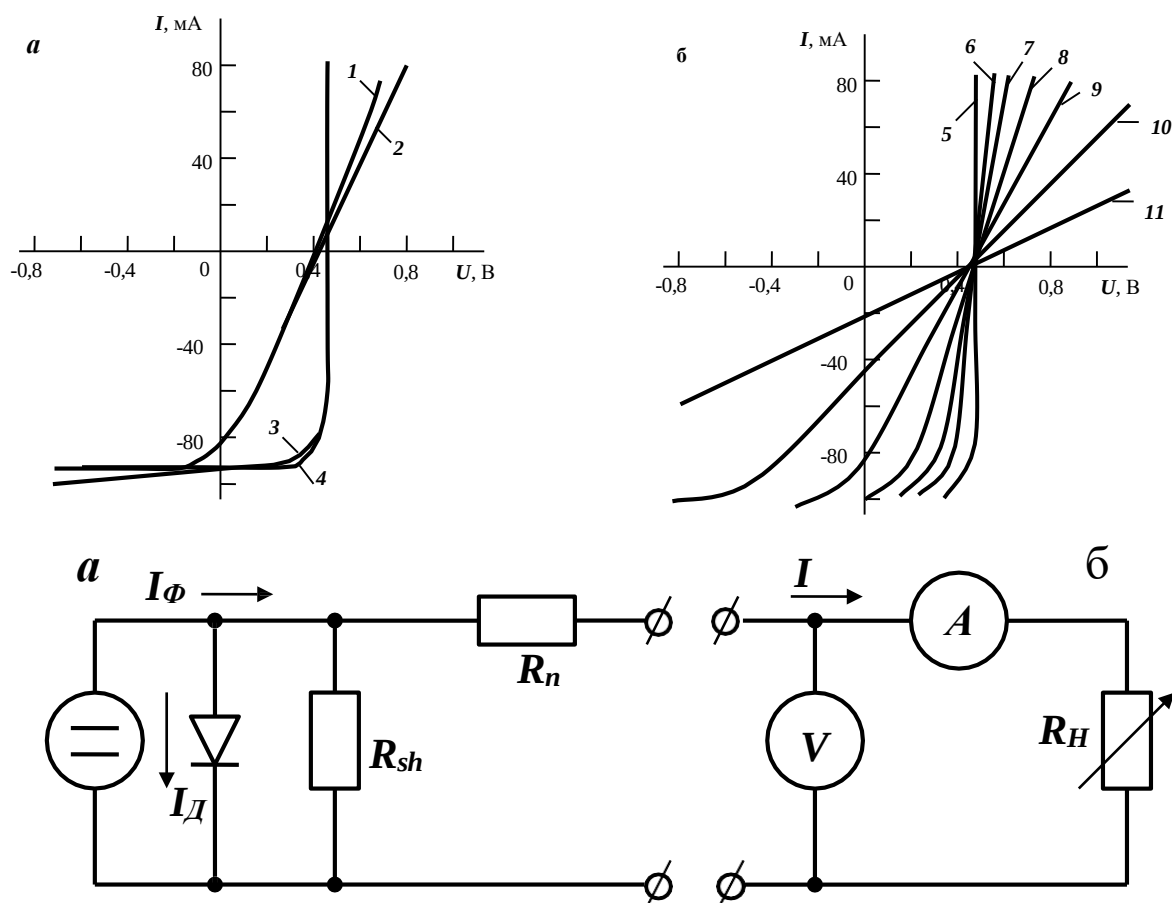
$$I_d = I_0(\exp(qU/kT) - 1) \quad (2.8)$$

Qarshiligi cheksiz bo'lgan ochiq zanjir holi uchun, ya'ni $I=0$ da, yuqoridagi tenglamadan

$$U_{xx} = \ln(I_f/I_0 + 1) kT/q \quad (2.9)$$

kelib chiqadi.

2.9- rasm a. R_p va R_{sh} ning turli xil qiymatlarida QE VAX ning ko'rinishlari (a) va R_p ning $R_{sh} = \infty$ dagi qiymatlari (b); $R_p=5 \text{ Om}$, $R_{sh} = 100 \text{ Om}$; 2 - $R_p=5 \text{ Om}$, $R_{sh} = \infty$; 3- $R_p=0$, $R_{sh} = 100 \text{ Om}$; 4- $R_p=0$, $R_{sh} = \infty$; 5- 11 - $R_p=0$; 1; 2; 3,5; 5; 10; va 20 Om



2.9-rasm. Quyosh elementining ekvivalent (a) va o'lchash (b) sxemalari

Amalda quyosh elementlarida ketma-ketlik qarshiligini tashkil qiluvchilar bu kontaktlarni tashkil qiluvchi qatlamlar qarshiligi, alohida r- va n-sohalar qarshiligi, metall-yarim o'tkazgich orasidagi o'tish sohalar qarshiligi, xamda R_{sh} shunt

qarshiligi va hokazolardir⁹. Bu qarshiliklarni, hamda p-n o'tishdagi rekombinatsion yo'qotishlarni hisobga olib VAX ni murakkabroq ko'rinishda ifoda etish mumkin, ya'ni

$$L_n (I + I_f)/I_o - (U - IR/I_o R_{sh} + 1) = q/AkT(U - I_m) \quad (2.10)$$

Kiritilgan koeffitsient A, amaldagi asbobning ideal asbobga nisbatan yaqinlik darajasini ko'rsatadi. Bu tenglamani amaliyotga yaqin qilib quyidagicha yozish mumkin.

$$I = I_f + I_o (\exp q(U + IR) / AkT - 1 - U + IR/R_{sh}) \quad (2.11)$$

Bu tenglama asosida quyosh elementining ekvivalent va o'lchash sxemasi yaratish mumkin, va bunday sxema quyidagi 2.9 - rasmda berilgan.

Quyosh elementining birlik yuzasidan olinayotgan quvvat R ni quyidagi tenglamadan baholash mumkin.

$$P = (I_n U_n) = \xi I_{kz} U_{xx} \quad (2.12)$$

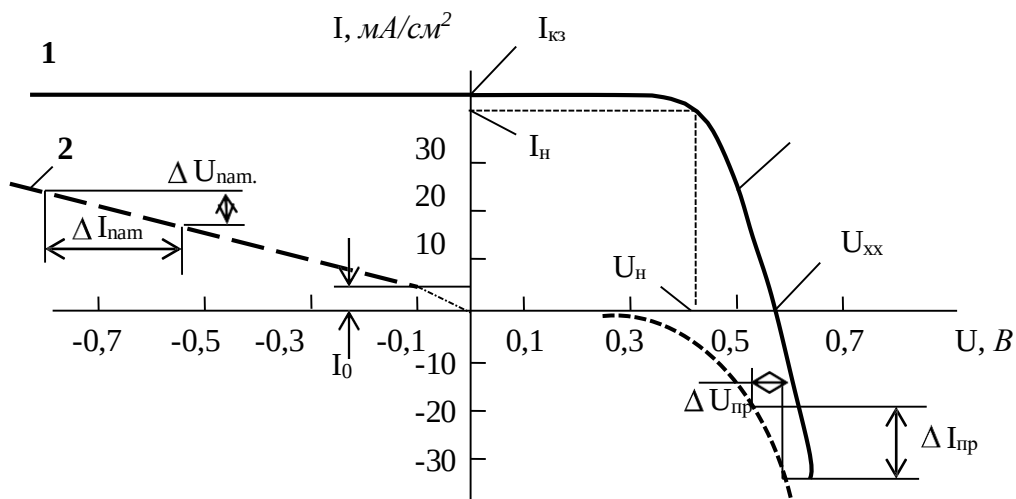
Bu erda, ξ – volt-amper xarakteristikaning to'ldirish koeffitsienti, ya'ni VAX shaklining to'g'ri turtburchakka qay darajada yaqinligini ko'rsatadi. To'ldirish koeffitsienti hozirgi zamon QE larida (kremniy va galliy arsenidi asosidagi elementlarda) 0,8 va undan kattadir. Ketma-ketlik va shunt qarshiligi ta'sirini 2.9a- rasmdan VAX ga ta'sirini ko'rib o'taylik. Rasmdan ko'rinadiki shunt qarshiligi R_{sh} ni cheksizlikdan 100 Omgacha kamayishi VAX shakliga deyarli ta'siri kamdir va shu jumladan QE ning chiqish quvvati R_v ga ham. Holbuki, ketma-ketlik qarshiligi R_p ning 1 Omdan 5 Omgacha o'zgarishi, VAX shaklini keskin yomonlashishiga olib keladi va chiqish quvvati R_v nisbatan kamayadi¹⁰.

QE VAX ning yorug'lik va qorong'ilikdagi xususiyatlarini aniqroq tahlil qilish mumkin. Odatda kuchlanish darajasiga qarab r-n o'tishdan o'tayotgan teskari to'yinish tokining o'tish mexanizmi o'zgaradi. Bu tok odatda ikkita tokning yig'indisidan iborat, ya'ni

$$I = I_{o1} [(qU/kT) - 1] + I_{o2} [(\exp qU/kT) - 1] - I_f \quad (2.13)$$

⁹ А.Т.Мамадалимов, М.Н.Турсунов. Ярим ўтказгичли қуёш элементлари физикаси ва технологияси. Ўқув қўлланма. Тошкент – 2002 й. 21 бет.

¹⁰ А.Т.Мамадалимов, М.Н.Турсунов. Ярим ўтказгичли қуёш элементлари физикаси ва технологияси. Ўқув қўлланма. Тошкент – 2002 й. 22-25 бет.



2.10- rasm. Atmosferadan tashqari holdagi quyosh nurlanishi uchun o'lgangan hozirgi zamon kremniy asosidagi QE ning tipik volt-amper xarakteristikasi. 1 – yorug'lik ta'siridagi; 2 – qorong'ilikdagi holatlar

Bu erda, I_{01} – yupqa p-n o'tish orqali diffuzion mexanizm vositasida oqayotgan tok, I_{02} -, esa $A = 2$ ga teng bo'lgan hol uchun p-n o'tish sohasida rekombinatsiya hodisasi uchun teskari to'yinish toki. quyosh elementlarining qorong'ilik va yorug'likda o'lgangan VAX asosida uning ayrim parametrlarini aniqlash mumkin, bular jumlasiga I_0 , R_p , R_{sh} , A kiradi. Quyidagi keltirilgan 2.10-rasmda AM1,5 sharoit uchun tipik VAX va qorong'ilikda olingan element VAX lari keltirilgan. Birinchi kvadrantdagi yorug'lik sharoitida olingan VAX ning bir qismi, va uning turtinchi kvadrantdagi davomi to'g'ri chiziqlidir. Bu to'g'ri chiziqning toklar o'qiga qiyaligi QE ning ketma-ketlik qarshiligini belgilaydi¹¹.

$$R_p = \Delta U_{pr} / \Delta i_{pr} \quad (2.14)$$

bu erda, $\Delta U_{pr} / \Delta i_{pr}$ qiymatining U_{xx} ga yaqin sohasidagi o'zgarishi olinadi. Keltirilgan xarakteristikaning birinchi kvadrantdagi qismi va uning ikkinchi kvadrantdagi davomi to'g'ri chiziqlidir. Uning kuchlanishlar o'qiga og'masi QE dagi shunt qarshiligi R_{sh} ni qiymatini belgilaydi, ya'ni

$$R_{sh} = \Delta U'_{pr} / \Delta i'_{pr} \quad (2.15)$$

¹¹ А.Т.Мамадалимов, М.Н.Турсунов. Ярим ўтказгичли қуёш элементлари физикаси ва технологияси. Ўқув қўлланма. Тошкент – 2002 й. 28-33 бет.

bu erda ΔU_{pr} va ΔI_{pr} lar qiymatlari qisqa tutashuv toki I_{kz} ga yaqin sohadagi o'zgarishi olinadi.

Yorug'likda olingan VAX ning qisqa tutashuv toki I_{kz} atrofidagi to'g'ri chiziq qiyaligini o'zgartirilishi qiyin bo'lganligi uchun, shunt qarshiligi R_{sh} qorong'ilikda olingan VAX ning qiyaligidan aniqlanadi (ikkinchi kvadrant shtrix chiziq), ya'ni

$$R_{sh} = \Delta U_{obr} / \Delta I_{obr} \quad (2.16)$$

Qorong'ilikda olingan xarakteristika yordamida teskari to'yinish toki I_0 ni aniqlash mumkin. quyosh elementlari p-n o'tishi ish rejimida to'g'ri yo'nalishda ulangan bo'ladi, ya'ni optik nurlanishi ta'siri natijasida muvozanatda bo'lmagan zaryad tashuvchilarning p-n o'tishga ikkala tomondan hosil bo'lishi, bu r-n o'tishning to'g'ri yo'nalishda ulanganligini ko'rsatadi. Shuning uchun, teskari to'yinish toki I_0 va ideallanish koeffitsienti A ning to'g'ri yo'nalishdagi qorong'ilikda yoki yorug'likda o'lchangan VAX dan topish maqsadga muvofiqdir. Qorong'ilikda olingan VAX ga taaluqli diod tenglamasini boshqacha ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin.

$$L_n (I_d + I_0) = \ln I_0 + qU/AkT \quad (2.17)$$

bu tenglama hisob-kitob uchun tokning qiymati katta bo'lgan $I_d \gg I_0$ sharoitda ishlatilishi va teskari to'yinish toki rekombinatsion mexanizm asosida r-n o'tishdan o'tadigan holi uchun ishlatilishi mumkin. QE ning to'g'ri yo'nalishda o'lchangan VAX (katta tok va kuchlanishlar uchun) asosida $\ln I_0 = g'(U)$ funksiyasini chizish mumkin. Bu tenglama qiyaligining tangensi q/AkT ga teng bo'ladi. Uning ordinata o'qida kesgan kesmasi $\ln I_0$ ning qiymatini beradi¹².

QE real ishlashiga yaqin sharoitda I_0 va A ning qiymatini aniqlashning yana bir usuli mavjud. Buning uchun yorug'lik oqimi zichligining hech bo'lmaganda ikki xil qiymatida imitator yordamida QE ning VAX si o'lchanadi. Ketma-ketlik

¹² А.Т.Мамадалимов, М.Н.Турсунов. Ярм ўтказгичли қуёш элементлари физикаси ва технологияси. Ўқув қўлланма. Тошкент – 2002 й. 35-36 бет.

qarshiligi R_n uchun kuchlanishlar pasayishi va p-n o'tish sohasida rekombinatsiya bo'lishi jarayoni uchun yuqoridagi tenglamani keltiramiz¹³, ya'ni

$$I = I_0[\exp\{q(U - IR_p)/AkT\} - 1] - I_f \quad (2.18)$$

Salt yurish rejimida $I = 0$, $U = U_{xx}$ bo'lgani uchun, $R_p = 0$ va u holda $I_f = I_{kz}$ deb olish mumkin. U holda

$$L_p (I_{kz} + I_0) = \ln I_0 + qU_{xx}/AkT \quad (2.19)$$

Bu tenglamani qo'llash uchun etalonli QE yordamida har bir yangi optik nurlanish oqimi zichligiga to'g'ri keladigan $I_{kz} = (E_g)$ tenglamaning chiziqli qiymatlari topiladi va undan I_{kz} va U_{xx} aniqlanadi. Tangens burchagidan q/AkT ning qiymati topiladi va uning ordinata o'qidan kesadigan kesmasidan $\ln I_0$ ning qiymati aniqlanadi.

2.3. Fotoelektrik batareyalarning tayanch konstruksiyalarini tayyorlash

Tayanch konstruksiya: Quyosh fotoelektrik tizimlari muhim qismi sifatida quyosh panellari uchun qo'llab quvvatlovchi konstruksiya xizmat qiladi. U hamma tizim uchun zaruriy mustahkamlik va quyosh paneli uchun to'g'ri qiyalik burchagini ta'minlaydi. Quyosh paneli bilan tayanch konstruksiyaning birikuvi har xil shamol tezliklariga va boshqa atrof muhit ta'sirlariga bardoshli bo'lishi kerak.

Quyosh fotoelektrik stansiyalarini qurish va montaj qilish: Yirik fotoelektrik tizimlar uchun kichik nusxadan sanoat darajadagi nusxasigacha tayyorlanadigan konstruksiyalarning turli xillari mavjud. Bunday konstruksiya metallardan yoki sintetik materiallardan tayyorlanadi. Fotoelektrik tizimlarni o'rnatish vaqtidagi holatga qarab tayanch konstruksiyalarning turli xil turlari mavjud. Tarmoq bilan bog'langan tizimlar uchun tayanch konstruksiyalarning yassi yoki tomda kichik burchak ostida, shuningdek uy fasadlari uchun turlari mavjud. Tarmoq bilan bog'langan tizimlar bino konstruksiyasining elementi ham bo'lishi mumkin (integratsiyalashgan quyosh tizimlari).

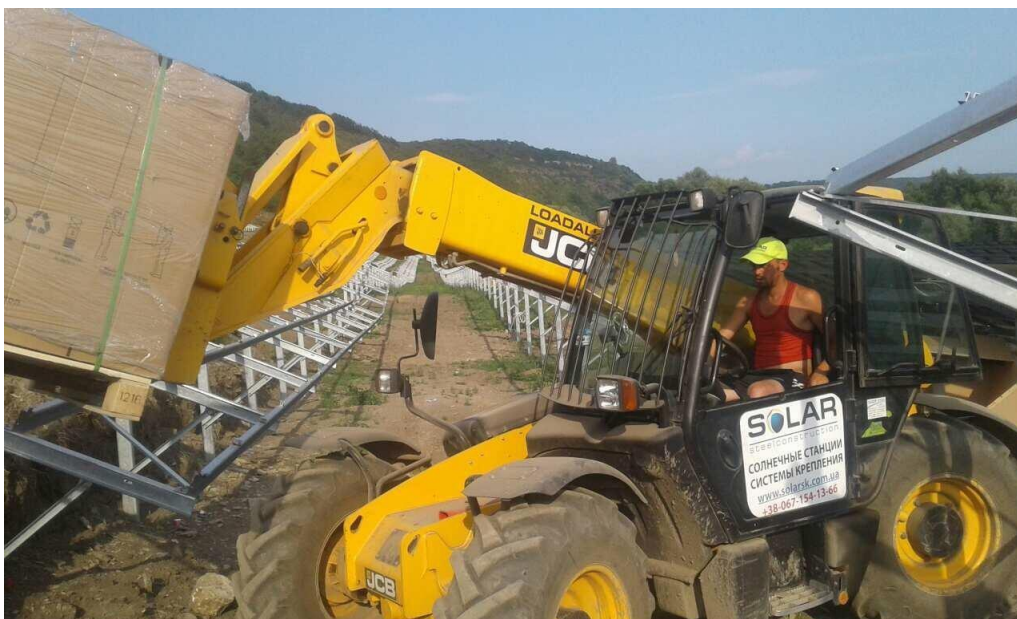
¹³ А.Т.Мамадалимов, М.Н.Турсунов. Ярим ўтказгичли қуёш элементлари физикаси ва технологияси. Ўқув қўлланма. Тошкент – 2002 й. 40-41 бет.

Quyosh fotoelektrik stansiyalarini qurish va montaj qilish ishlari malakali, tajribali mutaxassislar hamda texniklar yordamida amalga oshirilib, ularning xar biri o'z yo'nalishi bo'yicha mutaxassisligiga ega bo'lishi kerak:

1. O'rnatiladigan maydonni loyihalash bo'yicha ishlar, geodeziya soha mutaxassislari.
2. Metall konstruksiyalarni er montaji ishlari.
3. Quyosh modullari, invertorlar va boshqa elektr jixozlarini montaj qilish hamda ularni ulash.
4. Kabel liniyalarini o'tqazish, kabel – o'tkazgich qurilmalarini montaj qilish, transpormator podstansiyasiga ularni ulash.



2.11-rasm. Quyosh fotoelektrik stansiyasining karkas qismini o'rnatish



2.12-rasm. Quyosh fotoelektrik stansiyasiga quyosh panellarini transportirovka qilish



2.13-rasm. Quyosh fotoelektrik stansiyasida quyosh panellarini o'rnatish

Yuqoridagi 2.11, 2.12 va 2.13 – rasmlarda Namanganning Pop tumanida qurilgan quvvati 130 kVt bo'lgan quyosh fotoelektrik stansiyasining qurilishidan lavxalar keltirilgan. Mazkur stansiya O'zbekiston Respublikasining iqtisodiyot Vazirligi hamda Koreya Respublikasining savdo, sanoat va energetika Vazirligi

o'rtasida o'zaro hamkorlik to'g'risidagi Memorandumini amalga oshirish doirasida quriladi.

“O'zbekenergo” DAK Koreya Fotoelektrik Sanoati Assotsiatsiyasi bilan birgalikda Namangan viloyati Pop tumanida 130 kVt quvvatga ega bo'lgan quyosh fotoelektrik stansiyasining qurilish, montaj va sozlash ishlari nihoyasiga etkazildi, hamda sinov tartibida foydalanishga tushirildi. Fotoelektrik stansiyada “Hanhwa”, “JSPV”, “S-Energy” va “TopSum” kompaniyalarining uskunalari o'rnatildi.

Ushbu sinov tartibidagi fotoelektrik stansiyaning ishga tushirish quyidagi imkoniyatlarni yaratadi:

- Kandigon mahallasidagi aholini elektr energiya ta'minotining mustahkamligini oshirish;
- Koreyaning quyosh modullarini amaliy unumdorligini joylarda sinash yo'li bilan respublikada quyosh energiyasini rivojlantirish bo'yicha istiqboldagi va keng qamrovli loyihalarni tekshiruvdan otkazish uchun foydalaniladigan ma'lumotlar bilan ta'minlash;
- O'zbekistonning tabiiy sharoitlarida Koreyada ishlab chiqarilgan quyosh modullarining unumdorligini sinab ko'rish;
- Koreya texnologiyalarini O'zbekiston Respublikasida quyosh fotoelektrik stansiyalarni qurish va rivojlantirishda ko'maklashish va quyosh energiyasi sohasida milliy mutaxassislarni tayorlashga yordam berish. Bu haqda “O'zbekenergo” DAK Axborot xizmati xabar beradi.

Bunday ishlarni amalga oshirishda hamma jalb qilingan mutaxassislar, ob'ektda ishlash uchun maxsus ijozatnomaga ega xodimlar birdamlikda faoliyat olib borishlari zarurdir. Barcha bajariladigan ishlar va o'rnatiladigan qurilmalarga kafolat beriladigan holatda bo'lgani uchun qurilmalarni ishlashiga va pasport tasniflariga jiddiy e'tibor berish kerak.

Quyosh panellarini o'rnatish jarayonida mutaxassislardan, yaratilayotgan quyosh elektr stansiyasining joylashish o'rnini, eng qulay qurilmalarni tanlash, montaj va loyihalashda murakkab jarayonlarni o'z ichiga olganligi uchun birma bir o'rganib chiqish talab etiladi.

Birinchi o‘rinda quyosh fotoelektrik stansiyasining loyihadagi quvvati aniqlanadi. Bu bizga zarur bo‘lgan quyosh modullari sonini hisoblash, hudud maydonini aniqlashda imkon beradi, so‘ngra mutaxassislar sizga maxkamlash tizimining optimal chizmasini taklif etadilar. Albatta taqdim etilgan chizmada, kam chiqim sarflab maksimal miqdordagi elektr energiya olish imkonini beruvchi, fotoelektrik stansiya orientatsiyasi tanlangan bo‘lishi shart.



2.14-rasm. Bir o‘qli treker quyosh elektrik stansiyasi.

Tayanch tizimining ikkita asosiy ko‘rinishi mavjud: statik va dinamik. Statik tizimning asosiy elementlariga bu maxkamlash tizimidagi yuqori sifatli alyuminiy profildan, tayanch elementlari ruh jimoyasi bilan qoplangan po‘latdan tayyorlanadi. Statik tizimning xarakterli tomoni shundaki, quyoshga nisbatan orientatsiya qilingan modullarning qiyalik burchagini o‘zgartirib bo‘lmaydi. Mantiqan, quyosh modullari sutkaning yorug‘ vaqtida maksimal darajada yoritilgan bo‘lishi va janubga qarab orientatsiya qilingan bo‘lishi zarur. Quyosh fotoelektrik stansiyalarini qurishda daraxtlar, elektr energiya va telefon kabel liniyalari, televizor antennalaridan uzoqda bo‘lishi kerak. SHuni aytish lozimki, vaqtinchalik soya xosil bo‘lishi, atrof muxit changi va qush axlatlari shu kabi boshqa xolatlarda fotoelektrik modullarning elektrofizik parametrlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shuningdek yana bir holat, fotoelektrik panellar orasidagi masofaga ham e’tibor berish lozim, chunki ular bir biriga soya solmasligi va er

silkinishlari yuzaga kelganda bir birlariga tegib ishdan chiqish xolatlarini kamaytiradi.

Yana statik tizimlar haqida qisqacha qisqacha to'htalamiz: modullar stolda gorizantal va vertikal ravishda (2.15-rasm) bir qancha qatordan joylashishi mumkin. Konstruksiya og'irligi va boshqa bir qancha tasniflariga bog'liq holda, stol (karkas) bir yoki ikki tayanchli bo'lishi mumkin. Konstruksiya mahkamlangan tizim tuproqli joyga ikki usulda biriktiriladi:

- O'rnatilayotgan joyga to'g'ridan-to'g'ri qoziq orqali biriktirish. O'rnatilayotgan joy maydonini beton qorishma orqali biriktirish.
- Bu parametrlar birinchi navbatda, tuproqning geodeziyasi va geologiyasiga hamda stansiyaning loyihadagi quvvatiga qarab aniqlanadi.

Dinamik tizim – bunday tizim inglizcha (treker), ya'ni o'zbekchada *“kuzatuvchi moslama”* deb nomlanadi. Uning ish jarayoni juda oddiy bo'lib, qurilmaning FIK oshirish uchun, quyoshni maksimal darajada kuzatishga mo'ljallangan. Ularning ikki turi mavjud bo'lib, birinchisi bir o'qli va ikkinchisi ikki o'qlidir.



2.15-rasm. Ikki o'qli treker quyosh elektrik stansiyasi

Bir o'qli treker o'z xolatini faqat bir o'qqa nisbatan o'zgartiradi. Odatda bunday treker tashqi ko'rinishidan statik konstruksiyaga o'hshab ketadi va e'tibor berib qaralganda bu konstruksiya aktuator bilan ta'minlangan bo'lib, qurilma qiyalik burchagini o'zgartirib turadi. Aktuator o'z navbatida, motor – reduktor va shtokdan iborat. Shtok stolni o'ziga biriktirib yuqoriga yoki pastga xarakatlantiradi. Bir o'qli treker bir yilda quyoshga nisbatan burchagini bir qancha

marta o'zgartiradi. Bu yiliga 2 dan 20 gacha bo'lgan o'zgarishlarni amalga oshiradigan dasturiy ta'minot orqali boshqariladi¹⁴.

Ikki o'qli treker – ikki xil tekislikda orientatsiya qilinadigan, murakkab muhandislik konstruksiya hisoblanadi. Ikki o'qli treketning, bir o'qli trekerdan farqli tomoni shundaki quyosh chiqqanidan va botguniga qadar kun davomida quyosh nurlarini maksimal yig'ib, cheklanmagan 180⁰ burchakda stolni aylantiradi. Shuningdek u gorizontol holatda havfsiz rejimga ega bo'lib, kuchli shamol esganda ham bardoshli hisoblanadi. Ular quyosh yorug'ligini maksimal darajada qabul qilishga mo'ljallangan avtomatik tarzda tizimni boshqaradi. Bunday tizimning samaradorligi statik tizimga ko'ra 30-40 % ko'proqdir. Bir tayanchli tizimga ko'ra 15 % ga yuqoriroqdir.

2.4. Fotoelektrik stansiyalarining texnologik jarayonlarini loyixalash

Quyosh panellari ishonchli elektr energiyasi manba'si 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. Bunday tizim butunligicha quyosh fotoelektrik sistema yoki quyosh stansiyasi deb nomlanadi.

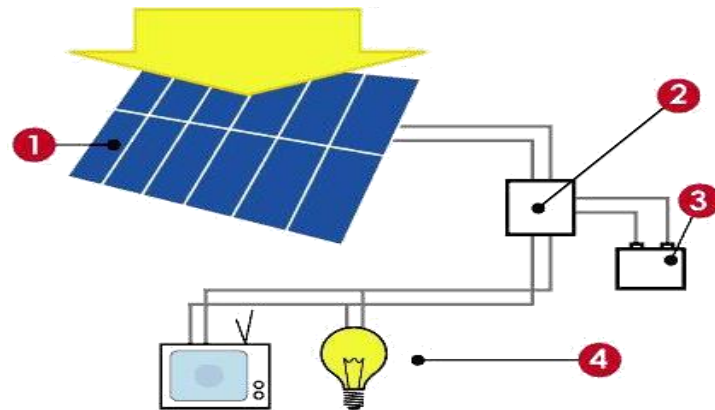
Fotoelektrik sistemalarning 3 ta asosiy turi mavjuddir:

- Odatiy holda alohida uylarning elektr ta'minoti uchun qo'llaniladigan avtonom FES
- Tarmoq bilan bog'langan FES
- Rezerv FES

Avtonom fotoelektrik tizimlar: 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

¹⁴ М.М.Тухтасинов., Н.Ф.Зикриллаев., Э.Б.Саитов., У.Х.Курбанова. Исследование современного состояния солнечной энергетики и научно – технические основы ее развития в Узбекистане. Учебное пособие. ТашГТУ, Ташкент 2014 г. 162 с.

alohida uylarning elektr ta'minoti uchun tez-tez qo'llaniladi. Kichik tizimlar asosiy yuklamani ta'minlashi mumkin (yoritish manba'i, ba'zan televizor yoki radio), o'ta quvvatli tizimlar suv nasosi, radiostansiya, muzlatgich, elektrojihozlar va boshqalar. Bunday tizim quyidagilardan tashkil topgan (26-rasm).

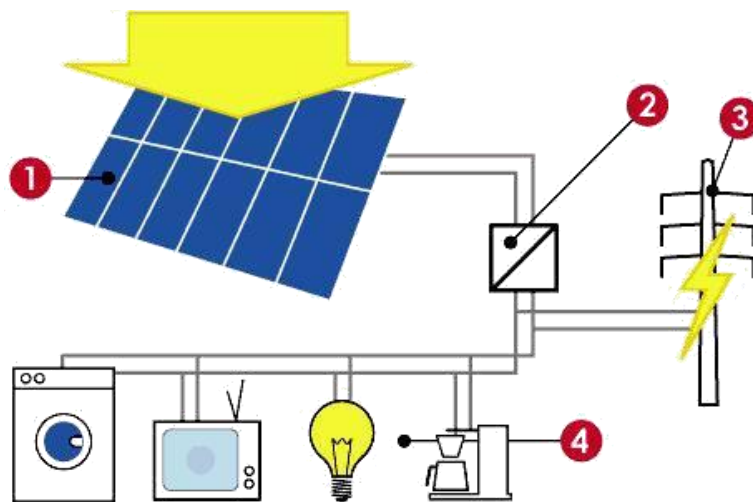


2.16 - rasm. Avtonom fotoelektrik tizim: 1 – quyosh paneli; 2 – kontroller; 3 – AB; 4 – yuklama

Tarmoq bilan ulangan quyosh fotoelektrik tizimlari: Markazlashtirilgan elektr ta'minot manba'lari mavjud bo'lsa ham, gohida toza elektr energiya manba'idan foydalanishga hoxish bo'ladi, bunda quyosh panellari tarmoq bilan ulangan bo'ladi. Etarli miqdordagi quyosh panellari bir biri bilan ulanganda yuklamaning bir qismi uyda quyosh elektr energiyasidan ta'minlanishi mumkin. Tarmoq bilan ulangan fotoelektrik tizimlar odatda bir yoki bir nechta panellardan va invertor, kabellar, qullab quvvatlovchi tizim va elektrik yuklamadan iborat bo'ladi.(2.16-rasm).

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.



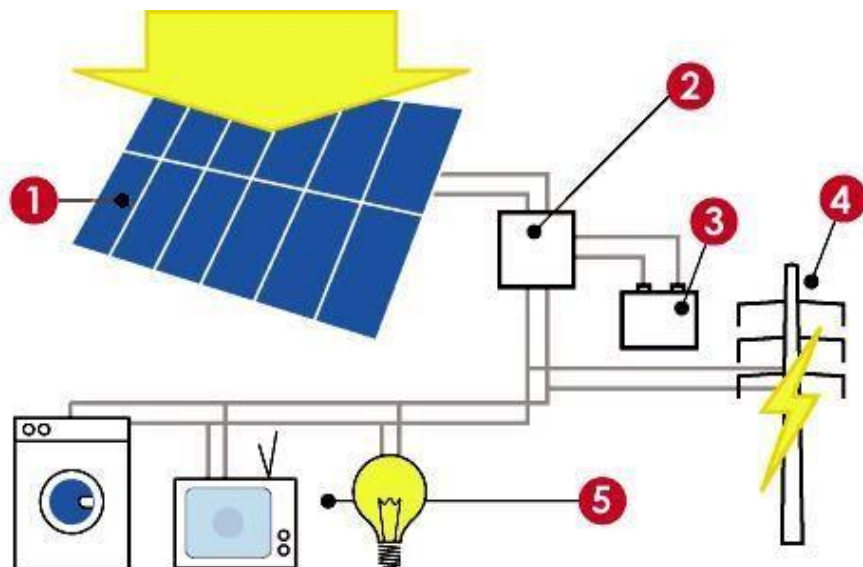
2.17 - rasm. Tarmoq bilan bog‘langan quyosh fotoelektrik tizimi
1 – quyosh paneli; 2 – inverter; 3 – tarmoq; 4 – yuklama

Bunda quyosh panellari tomonidan ishlab chiqilgan elektr energiyasi tarmoqqa yuqori tarif bo‘yicha sotiladi, uying elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyoji tarmoqdan odatiy narx bo‘yicha olinadi. Shunday qilib nafaqat elektr energiyaga bo‘lgan yil davomidagi 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, inverter, yuklama va tayanch strukturadan iborat (2.18-rasm.).



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. (28-rasm). Zaryad-razryad kontrolleridan foydalanishda afzalliklaridan biri shuki, AB razryad holatida yuklamani darhol uzadi. Odatda fotoelektrik tizimlar zaryad-razryad kontrollerlari bilan ta'minlanadi. Shuning uchun yuklama hech qachon to'g'ridan to'g'ri AB ga ulanmaydi, bunda AB ishdan chiqishi mumkin.

Keng –impulsli modulyasiyalı zaryad tokiga ega kontrollerlar: Oddiy kontrollerlar AB kuchlanish 14,4 V ga etganida energiya manba'i (quyosh

batareyasi) ni uzadi (AB nominal kuchlanish 12 V). AB da kuchlanish $\approx 12,5-13$ V ga kamayganida quyosh paneli qaytadan ulanadi va zaryad AB da tiklanadi. SHuning uchun AB maksimal razryadlanish darajasi 60–70% ni tashkil etadi. Muntazam ravishda to‘liq zaryalanish bajarilmasa, AB ning yaroqlilik muddati kamayadi.

Zamonaviy kontrollerlar zaryadning tugash bosqichida keng impuls modulyasiyalı zaryad toki (KIMZT) deb nomlanadigan jarayondan foydalaniladi. Bunda AB zaryadi 100% gacha zaryadlanadi. 2.19-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.



2.30-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 qiymatlarin 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 boshqalar).

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

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

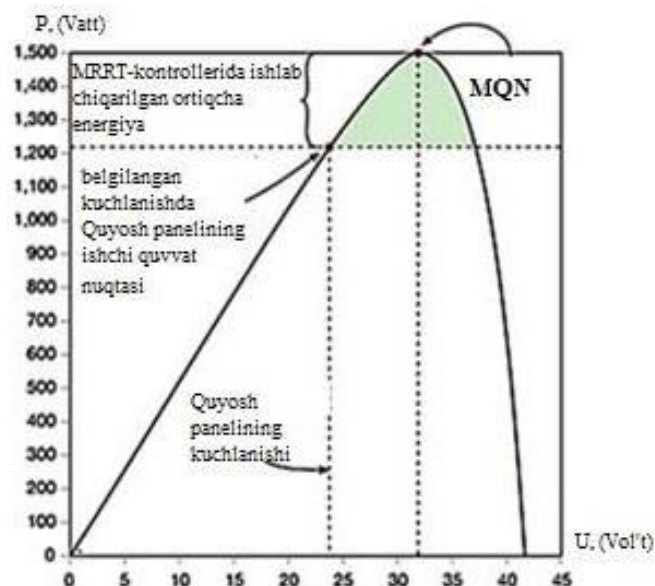
2) ikkinchi usul. – «Scan and Hold». Birinchi skanerlash jarayonidan so'ng topilgan nuqta darajasida kuchlanish aniqlanadi va navbatdagi to'liq skanerlash holatigacha ushlab turiladi. Bunday usul quyosh panelida soya va bulutlar paydo

bo'lmaganda yaxshi hisoblanadi. Afzalliklari – ishning yuqori tezligi, o'lchash jarayonida generatsiya vaqtida uzilishlar bo'lmaydi;

3) uchinchi usul – «Percentage of open circuit voltage». Salt yurish kuchlanishi va ($U_{xx} \cdot k$) darajasidagi ishchi nuqta o'lchanadi. Bu 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;

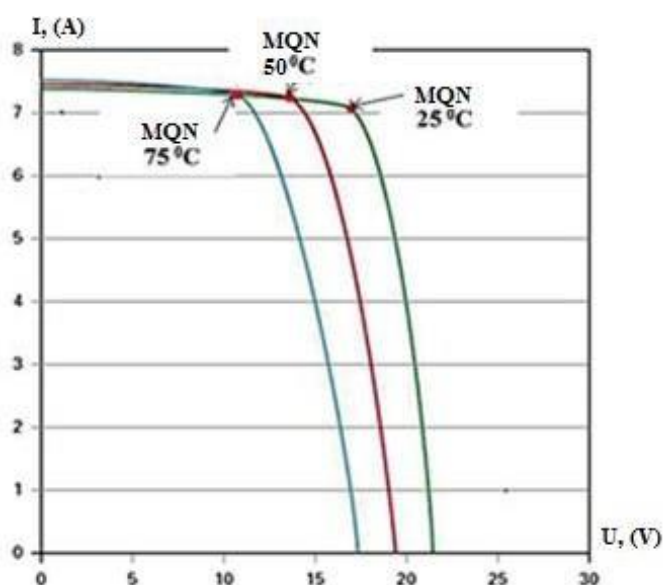
4) to'rtinchi usul – ishchi nuqtani qat'iy ravishda tanlash. Kontroller qo'llab turadigan istalgan kuchlanish belgilanadi. U hech qanday o'lchash va hisoblashlarni bajarmaydi, doimo ishlab turadi. Kamchiliklari – tanlangan kuchlanish haqiqiy TMM dagidan uzoq bo'lishi mumkin. Ammo, aniq ma'lum bo'lsa 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 zaryadlangan AB sodir bo'ladi. (2.31 - rasm).



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

Maksimal quvvat nuqtasida quyosh panelining kuchlanishi panelning har xil harorat kattaliklarida o‘zgaradi (2.32 - 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.



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

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.

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 (2.33- rasm).

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.



2.33-rasm. Quyosh panelining orqa tomonida mikroinvertor.

Shuningdek, rezerv tizimlarda ham ushbu muammo – AB dagi doimiy tokni o'zgartirish va odatiy jihozlarni ta'minlash. Ko'pgina invertorlar mavjud bo'lib ular quvvati va turlari bilan farqlanadi. Ulardan ba'zilar – yuqori samaradorikka ega. Agar invertor ko'p hollarda yuklamasiz bo'lsa, kutish rejimida iste'mol

qilinadigan kichik quvvatni berish kerak. Agar u ko'p hollarda yuklamani ta'minlaydigan bo'lsa, unda maksimal FIK ga ega 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 quyidagilardan iborat:

1) o'lchash. Inverter displeyida kuchlanish, tok, chastota va quvvat tasvirlanadi;

2) 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);

3) 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;

4) 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.

2.5.Fotoelektrik qurilmalarning butlovchi jixozlarini tanlash

QB va FES lar quvvatini hisoblash uchun va fotoelektrik qurilmalar tayyorlash uchun quyida keltirilgan punktlarni hisobga olish zarur:

1) fotoelektrik qurilma quvvatini hisoblash uchun avvaliga uni ishlatilishi ko'zda tutilgan muhit bilan tanishish va shu muhit xususiyatlarini (o'rtacha harorat, yorug'lik nurlarining o'rtacha quvvati, yorug'lik tushish muddati, yil davomidagi yorug' kunlar va hokazo) o'rganish zarur;

2) elektr energiyasi iste'molchilarining xarakterini (o'zgarmas tok iste'molchilari xususiyatlari, o'zgaruvchan tok iste'molchilari xususiyatlari), iste'molchilarning elektrik parametrlari (tok kuchi, kuchlanishi, o'zgaruvchan tok chastotasi), kerakli umumiy elektr quvvatini hisoblash. Xar bir iste'molchiga bir kunda o'rtacha ishlatish vaqtini aniqlash;

3) ortiqcha ishlab chiqilgan elektr energiyasini hisoblash va energiyani yig'ish usulini tanlash;

4) yig'uvchi akkumulyator elektr sig'imini hisoblash;

5) fotoelektrik qurilma yig'ish uchun kerak bo'ladigan standart va nostandart asbob uskunalarni aniqlash;

6) invertorlar parametrlarini, quvvatini va foydali ish koeffitsientini aniqlash;

7) kontrollerlarning parametrlarini va quvvatini aniqlash;

8) fotoelektrik qurilma konstruksiyasini tanlash, parametrlarini rejalash, tayyorlash texnologiyasini aniqlash;

9) fotoelektrik qurilmani tayyorlash;

- 10) fotoelektrik qurilma qismlarini sinash. Qurilmani butunlayicha sinash;
- 11) fotoelektrik qurilmani sinash natijalarini hisobga olgan holda uni parametrlarini optimal holga keltirish;
- 12) qurilmani tajribaviy sinash va hisob va rejaviy natijalar bilan taqqoslash;
- 13) o'roelektrik qurilmaning o'zini qoplash muddatini va samaradorligini aniqlash.

Misol sifatida O'zbekiston respublikasining cho'l sharoitida joylashgan, energiya markazlaridan uzoqda bo'lgan fermer xo'jalikni fotoelektrik qurilma bilan ta'minlashni ko'rib o'tamiz. Fermer xo'jalikning asosiy kasbi chorvadorlik va dehqonchilik bo'lsin:

1) bu zona uchun (Qashqadaryo hududi) quyoshli kunlar 300 kun, tushayotgan yorug'likning o'rtacha quvvati 750 Vt/m^2 , o'rtacha yorug'lik tushish muddati kuniga 8 soat bo'lsin;

2) elektr energiyasining iste'molchilari, 6 kishidan iborat oila. Yoritish uchun 4 yorug'lik manba'i har biri LDS-40 lampa, yoritish muddati bir kunda 4 soat. Ruzg'or buyumlari: televizor quvvati 60 Vt bir kunda ishlash muddati 3 soat, sug'orish nasosi quvvati 20 Vt bir kunda ishlash muddati 2 soat, choy qaynatgich bir kunda ishlash muddati 2 soat, quvvati 20 Vt, ko'tarma kam quvvatli 40 Vt li slesar-tokar dastgohi o'rtacha ishlash muddati 0,5 soat;

3) keltirilgan iste'molchilarining umumiy bir kunlik iste'mol qilgan elektr quvvati $0,64 + 0,18 + 0,04 + 0,04 + 0,02 = 0,92 \text{ kVt}$ soatni tashkil etadi. Bir yilda esa $360 \times 0,92 = 336 \text{ kVt}$ soat;

4) energiyani yig'ish uchun kislotali akkumulyatorni tanlab olamiz, uning kuchlanishi 12 V bo'lsin. U holda bir kunda 0,92 kVt elektr quvvatini yig'ish uchun, agar invertorning f.i.k. 0,92 bo'lsa, f.i.k. 10 % li QE laridan bir kunda $85 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 1000 \text{ Vt}$ yig'ish mumkin. Agar yorug'likning o'rtacha tushish vaqti 8 soat bo'lsa har soatiga 125 Vt energiya jamlanishi yoki 20 % zahirali qilib fotoelektrik qurilma rejalashtirilsa 150 Vtli qurilma tayyorlanishi kerak;

5) akkumulyator elektr sig'imini hisoblash uchun uning razryadlanish chegarasini 75 % olsak, uning elektr sig'imi $300 \text{ A} \times \text{soat}$ bo'ladi;

6) ikki xil inverter kerak bo'ladi: a) LDS-40 yoritgichlar uchun chastotasi 20 kGs li, quvvati 150 Vt li inverter. b) CHastotasi 50 Gs li, quvvati 100 Vt li inverter;

7) boshqaruvchi kontrollerning quvvati 150 Vt. Fotoelektrik qurilmaning quvvati 150 Vt va uni statsionar yoki ko'tarma konstruksiyali qilish maqsadga muvofiqdir.

2.6. Fotoelektrik stansiyalar orqali binolarni yoritishda solishtirma quvvat usuli bo'yicha xisoblash

Hisoblash uchun vazifa: a) qurilish joyini va fotoelektrik tizimni hisoblash uchun birinchi navbatda ob'ekt belgilab olinadi. Hisoblash uchun binoning xonalari va ularni funksional vazifasi belgilangan xolatda barcha qavatlar loyixalari, Quyosh batareyalarini joylashtirish uchun tomning loyihasi yoki unga tegishli xududning umumiy loyixasi kerak bo'ladi:

b) ob'ekt uchun iqlim sharoitlari, ya'ni xar oy uchun Quyoshni to'g'ridan – to'g'ri, duffuziyali va yig'indi radiatsiyalarining intensivligi, joyning kengligi, maksimal Quyoshsiz kunlar soni;

v) quyidagilardan elektr ta'minotini amalga oshirish uchun mos sxema tanlanadi: fotoelektrik tizimning avtonom ishlashi, qo'shimcha ravishda generator yordamida ishlash, elektr tarmog'i bilan birgalikda ishlash;

g) ob'ektni xalq xo'jaligi jixatidan nimaga mo'ljallanganligi va uni elektr energiyaga bo'lgan talabi ko'rsatiladi. Masalan, shaxardan tashqari uy uchun elektr energiyasini asosiy iste'mol kunlari dam olish kunlariga to'g'ri keladi, shu bilan bir vaqtda ish kunlarida ishlab chiqarilgan elektr energiya tarmoqqa uzatilishi mumkin. Besh kunlik ish haftasi bo'yicha ishlaydigan yuridik ob'ektlar, ya'ni korxona-muassalar uchun buni aksi, dam olish kunlarida ishlab chikariladigan elektr energiya tarmoqqa uzatilishi yoki yig'ib-akkumulyasiya qilib qo'yilishi mumkin. Bu parametrlar shuningdek, akkumulyator batareyalarini sig'imini hisoblashda inobatga olinishi shart.

Yoritilganlikni solishtirma quvvat usuli bo'yicha hisoblash: 23-05-95 Qurilish norma va qoidalarining (QN va Q) «Tabiiy va sun'iy yoritish» qoidasiga muvofiq, berilgan joylar uchun talab qilingan yoritilganlik - E quyidagicha aniqlanadi (2.1-jadval).

2.1-jadval

Ba'zi xonalarning yoritilganligi.

Joylar nomi	Eng kam yoritilganlik - E, lyuks		Yoritilganlik me'yorlangan tekislik va uni poldan balandigi, m
	gaz razryadli lampalar	ch uglanma lampalar bilan	
Ish xonalar, shaxsiy xonalar, mashg'ulot xonalari, sinf xonalari, Konstruktorlik, chizma va nusxa ko'chirish byurolari, loyiha ishlari uchun xonalar	300	(250)	G-0,8
	500	(300)	G-0,8
Kutubxona, o'quvchilarni ro'yxatga olish xonalari, ma'lumotlar bo'limi, Konferensiyalar zali, kino apparat xonasi, elektr muhit xonasi.	300	(150)	G-0,8
	300	(150)	G-0,8
Kserokopiya ko'chirish ustaxonasi, o'tish joyi, kutish va dam olish xonasi, madaniy xizmat ko'rsatish xonalari.	200	(100)	G-0,0
	75	(30)	G-0,8
	200	(100)	G-0,8
Jamoat tashkilotlari xonalari			
Faya kirish joyi, ko'rgazma zali, omonat bank va aloqa bo'limlari.	100	(50)	G-0,8
	150	(75)	G-0,8
Dasturlovchilar xonasi			
Shifokorlar shaxsiy xonasi			
Pishiriqlar xonasi	200	(100)	G-0,8
Sport zal			
O'quv binosida majlislar zali	150	(75)	G-0,0
O'qituvchilar xonasi	200	(100)	G-0,8
Rekreatsiya xonasi	300	(150)	G-0,8
O'yin-joy xonasi		(150)	G-0,8

2.1-jadval davomi

Tushlik qilish zali (oshxona)	300	(100)	G-0,8
Univermag va magazinlar: kiyim-		(150)	G-0,8
bosh, choyshablar, oyoq kiyim,	200	(150)	G-0,0
matolar, muyna buyumlar, bosh	300	(100)	G-0,0
kiyimlari, yuveler buyumlar, kitob-	200	(100)	G-0,8
daftar, badiiy xunarmandchilik	200		
buyumlari savdo zallari, Oziq-ovqat	200	(75)	G-0,0
maxsulotlari savdo zallari		(100)	G-0,5
Lift oldi maydonchalari	150	(100)	G-0,8
Hammom va dushlarda, echinish-	200	(150)	G-0,8
kiyinish xonalari	200		
Hammom va dushlarda yuvinish	300		
xonalari.			
Maktablar va markazlashgan			
mehmonxonalaridagi vestibyullar,			
zallar, kiyim ilish xonalari			
Jamoat binolarining asosiy			
zinapoyalari.		(75)	G-0,0
Mehmonxona va dam olish		30	G-0,8
muassasalarining asosiy zinapoyalari.	150		
Jamoat binolaridagi boshqa barcha	(75)	30	G-0,0
zinapoyalar.		(75)	G-0,0
Lift shaxtalari.	(75)		
Texnik qavatlar	150		
Oziq - ovqat saqlash joylari		(50)	G- maydoncha va
Cherdak			zinalar poli
	100	(20)	
	50		G- maydoncha va
		(30)	zinalar poli
	75	5	G- maydoncha va
		20	zinalar poli
	(50)	20	G- maydoncha va
	(50)	5	zinalar poli
	(50)		
	(50)		V- shaxtalar devori
			-
			-
			-

Hisoblashlarda yoritiladigan xonani 1 m² maydonida o‘rtacha 100 lyuks yoritilganlik yaratish uchun to‘g‘ridan - to‘g‘ri cho‘g‘lanma lampalar yordamida yoritilganda $P_{\text{solish}} \approx 16 - 20 \text{ Vt/m}^2$ va lyuminetsent lampalar yordamida yoritilganda 6 – 10 Vt/m² solishtirma quvvat talab qilinadi deb qabul qilanadi. Bu hisoblashlar devor va shiftlar yorug‘ ranglarda bo‘yalgan bo‘lsa, o‘rinli bo‘ladi. Yuzasi kichik bo‘lgan xonalar uchun solishtirma quvvatning katta qiymatlari qabul qilinadi.

1. Talab qilinadigan yoritilganlik darajasi uchun solishtirma quvvat kuyidagicha topiladi:

$$P_{\text{solish}} = P_{\text{solish}} \cdot \frac{E}{100}, \quad (2.20)$$

bu erda, E – talab qilingan yoritilganlik, lyuks.

2. Lampalaraning umumiy talab qilinadigan quvvati R_{tr} aniqlanadi:

$$P = P_{\text{solish}} \cdot F, \quad (2.21)$$

bu erda, F - xona yuzasi.

3. Foydalanilayotgan lampaning quvvati berilgan bo‘ladi, P_{lampa} .

4. Xonani eritish uchun talab qilinadigan lamalar soni aniklanadi (natija katta tomonga yaxlitlanadi):

$$N = \frac{P_{\text{mp}}}{P_{\text{lampa}}}. \quad (2.22)$$

Hisoblash uchun misol

1. Hisoblash uchun ob‘ekt – turar joy binosi yuzasi 16 m² xususiy uy mehmonxona bo‘ladi. 1-jadvalga muvofik cho‘g‘lanma lampalar uchun yoritilganlik $E=75$ lyuks.

2. Solishtirma quvvatni $R_{\text{solish}}=20 \text{ Vt/m}^2$ deb qabul kilamiz.

3. Talab qilingan yoritilganlik uchun solishtirma quvvat:

$$P_{\text{solish}} = P_{\text{solish}} \cdot \frac{E}{100} = 20 \cdot \frac{75}{100} = 15 \text{ Vt/m}^2. \quad (2.23)$$

4. Lampalarni talab qilingan umumiy quvvati R_{tr} :

$$P = P_{\text{solish}} \cdot F = 15 \cdot 16 = 240 \text{ Vt}. \quad (2.24)$$

5. Quvvati $R_{\text{lampa}}=60 \text{ Vt}$ bo'lgan cho'g'lanma lampalardan foydalaniladi deb qabul qilamiz.

6. Lampalarni talab qilinadigan soni:

$$N = \frac{P}{P_{\text{lampa}}} = \frac{240}{60} = 4 \quad (2.25)$$

Nazorat savollari

1. Quyosh fotoelektrik elementi qaysi elementlardan yasaladi?
2. Quyosh fotoelektrik elementi asosida qanday tok ishlab chiqariladi?
3. Quyosh elektr stansiyasini ishlash prinsipini tushuntiring?
4. Volt-amper xarakteristikasini tushuntiring?
5. Quyosh xarakteristikasi deganda nima tushiniladi?
6. Quyosh energiyasini qayerlarga qo'llasak maqsadga muvofiq bo'ladi?
7. Kollektorlar qanday yasaladi?
8. Quyosh kollektorlarini turlarini keltiring?
9. Quyosh nurlarini jamlash qaysi tartibda amalga oshiriladi?
10. Quyosh energetik qurilmasi O'zbekiston Respublikasining qaysi sohalariga tadbiq etilgan?

III.BOB. FOTOELEKTRIK STANSIYANI TASHKIL QILUVCHI TUZULMALARNI LOYIXALASH VA PARAMETRLARINI XISOBLASH

3.1. Fotoelektrik stansiyalarning tizimlarini hisoblash turlari

Invertor quvvatini va energiya iste'molini aniqlash: O'zgaruvchan tokli yuklamalarning nominal quvvati va haftali ish soati ma'lumotlari 3.1 - jadvalga kiritish. Quvvatni har bir asbob ish soatlariga ko'paytirish va bir haftada jami o'zgaruvchan tokli energiya miqdorini W_{nep} -aniqlash uchun hosil bo'lgan qiymatlarni qo'shib chiqamiz. Ba'zi asboblarning quvvatlari qiymati 3.2 - jadvalda keltirilgan. Yoritishni hisoblash jarayoni yuqorida keltirilgan edi. Har bir xona uchun umumiy talab qilingan lampalar quvvatini ish soatlari soniga ko'paytirib, yig'indi natijalarini 3.1 - jadvalga kiritamiz.

3.1-jadval

O'zgaruvchan tokli yuklama

№	O'zgaruvchan tokli yuklama	Quvvat, Vt	×	Hafta ish soati	=	Vt×s/hafta
1			×		=	
2			×		=	
3			×		=	
Jami					=	

3.2-jadval

Iste'molchilarning quvvatlari

№	Iste'molchi	Quvvat, Vt
1	Mikro to'liqlik pech	850 – 1500
2	Choynak	1200 – 1500
3	Muzlatgich	230 – 550
4	Idish yuvish mashinasi	2000 – 2500
5	Kofe maydalagich	140 – 220
6	Toster	800 -1500
7	Blender	220 – 700
8	Oshxona kombayni	500 – 800

3.1-jadvalning davomi

9	Kofe qaynatgich	150 – 3000 (turiga, xajmiga, isitish haroratiga bog‘liq)
10	Televizor	17 – 300 (modeli va diagonaliga bog‘liq)
11	Kompyuter	150 – 300
12	Konditsioner (sovutgich)	800 – 2500 (ish rejimiga bog‘liq)
13	Chang yutgich	700 – 2000
14	Fen	1200 – 1800
15	Kir yuvish mashinasi	700 – 2000
16	Dazmol	800 – 2400 (kam quvvatli, o‘rtacha va maksimal quvvatliga bo‘linadi)
17	Elektr plitasi	1200 – 4000
18	Printer	100 – 650
19	Nusxa ko‘chirish kurilmasi	2000 – 5000
20	Faks	130
21	Nasos	250-500
22	Muzika sentr	100
23	DVD-pleer	35 – 60
24	Havo so‘rgich	100 – 150
25	Ventilyator (shamollatgich)	10 – 60
26	Elektr quritgich	400 – 2000
27	Elektr odeyal (ko‘rpa)	40 – 100
28	Britva (ustara)	10 – 15
29	Qizdirgich	1500 – 6000 (qizdiriladigan xona maydoniga bog‘liq)
30	Drel (teshgich)	600 – 1000

1) qancha o‘zgarmas tok energiyasi kerak bo‘ladi shuni hisoblash zarur. Buning uchun, olingan qiymatni invertordagi yuqotishni hisobga oluvchi $k=1,2$ koeffitsientiga ko‘paytiriladi;

$$W = W_{\text{o'zgaruvchan}} \cdot k, \quad (3.1)$$

2) tanlangan inverter xarakteristikalarini bo‘yicha invertorga kiruvchi kuchlanishini U_{in} aniqlaymiz. Aksariyat hollarda 12, 24, 48 V va undan yuqori quvvatli kuchlanish tizimlar uchun o‘rinli. Inverter shunday tanlanadiki, uni

quvvati o'zgaruvchan tok quvvatini k ga ko'paytirilganidagi qiymatdan yuqori bo'lishi shart;

3) o'zgaruvchan tok yuklamasini qoplash uchun kerak bo'lgan haftalik elektr energiya quyidagi formula bilan aniqlanadi;

$$q_{hafta}^{o'zgar} = \frac{W_{o'zgar}}{U_{invert}} \cdot \quad (3.2)$$

4) o'zgarmas tok yuklamasini $w_{o'zgar}$ hisoblab, natijasini 3-jadvalga kiritish kerak;

3.3-jadval

O'zgarmas tok yuklamasi.

№	O'zgarmas tok yuklamasi	Quvvat, V_t	×	Xaftada ish soati	=	$V_t \times s / \text{xafta}$
1			×		=	
2			×		=	
3			×		=	
Jami						=

5) tizimda o'zgarmas tok kuchalanishini aniqlash $U_{o'zgar}$. Ko'pincha bu 12 yoki 24 V;

6) o'zgarmas tok yuklamasini qoplash uchun kerak bo'lgan haftalik quyidagi formula bilan aniqlanadi;

$$q_{hafta}^{o'zgar} = \frac{W_{o'zgar}}{U_{o'zgar}} \cdot \quad (3.3)$$

7) akkumulyator batareyasini talab qilingan yig'indi xajmi, ya'ni xaftada kerak bo'lgan elektr energiya;

$$q_{hafta} = q_{hafta}^{o'zgar} + q_{hafta}^{o'zgar} \cdot \quad (3.4)$$

8) sutkasiga iste'mol qilinadigan elektr energiya qiymati $q_{24 \text{ soat}}$ 7 kunga bo'lib aniqlanadi;

$$q_{24 \text{ soat}} = \frac{q_{hafta}}{7} \cdot \quad (3.5)$$

Akkumulyator batareyasini kerakli hajmining qiymati va sonini aniqlash quyidagicha:

1) 3.4-jadvaldan foydalanib va foydalanish rejimiga mo'ljallab, uzluksiz "Quyoshsiz kunlar" $N_{\text{quyoshsiz kun}}$ –ni maksimal sonini aniqlash (ya'ni akkumulyator batareyasini zaryadlash va o'z navbatida bulutli yoki noqulay ob – havo vaqtida uni ishlashi uchun Quyosh energiyasi etarli bo'lmagan paytlarda). Fotoelektrik sistemani butun yil davomida dubler bilan foydalanilganda, shu jumladan umumiy energiya tarmog'ida ishlagan holatda ham, xarajatlarni kamaytirish uchun Quyoshsiz kunlar bo'lishi ehtimolini – 1 deb tanlash mumkin. Bu masala istalgan vaqtda zaxira manba'idan zaryadlash bilan bog'liqdir. Shuningdek, akkumulyator batareyalarini, zaryadlantirmasdan yuklamani mustaqil ta'minlashi mumkin bo'lgan tanlangan kunlari soni xam parametr qilib olinishi mumkin. Agar tizim faqat dam olish kunlarida borib turiladigan shaxardan tashqari uy uchun qo'llanilsa, batareyalarni katta xajmi kerak bo'ladi. Chunki ular hafta davomida energiya bilan zaryadlanishi va dam olish kunlari kutilmaganda barcha elektr jixozlarini ishga tushirilganda ularning to'liq energiyasi iste'molga berishi mumkin;

3.4-jadval

Ob-havo sharoitlariga bog'liq bo'lgan, Quyoshsiz kunlar soni.

Joy kengligi	Fasl		
	Yoz oylari	Kuzgi va baxorgi oylar	Qish oylari
30	2-4	3-4	4-6
40	2-4	4-6	6-10
50	2-4	6-8	10-15
60	3-5	8-12	15-25
70	3-5	12-14	20-35

2) $N_{\text{quyoshsiz kun}}$ - quyoshsiz kunlar sonini hisobga oladigan akkumulyatorlarni yig'indi xajmi;

$$q_N = q_{24 \text{ soat}} \cdot N_{\text{oc}} \quad (3.6)$$

3) Akkumulyator batareyasini ruxsat etilgan razryadlash kattaligining chuqurligini berish. Bunda bir narsani hisobga olish kerak, razryad chuqurligi qancha katta bo'lsa, batareya shuncha tez ishdan chikadi. Razryad chuqurligini

tavsiya qilingan qiymati 20 – 50 % (nominal hajm qiymatidan 20% - 50% foydalaniladi). O‘z navbatida γ foydalanish koeffitsienti 0,2 dan 0,5 gacha. Hech qanaqa holatda ham batareya razryadi 80 % dan oshmasligi kerak:

a. razryad chuqurligini hisobga olgan holda akkumulyator batareyasini zaryadi;

$$q_{\gamma} = \frac{q_N}{\gamma}. \quad (3.7)$$

b. akkumulyator batareyalari o‘rnatilgan xonadagi atrof-muhit haroratini hisobga oladigan α koeffitsientini 5-jadvaldan tanlanadi. Ko‘pincha bu Qish vaqtidagi o‘rtacha harorat. Bu koeffitsient harorat pasayganida hajm kamayishini xisobga oladi;

3.5-jadval

Akkumulyator batareyasi uchun harorat koeffitsienti.

Harorat graduslarda		Koeffitsient
Selsiy	Farengeyt	
26,7C	80F	1,00
21,2C	70F	1,04
15,6C	60F	1,11
10,0C	50F	1,19
4,4C	40F	1,30
-1,1C	30F	1,40
-6,7C	20F	1,59

v. akkumulyator batareyalarini umumiy talab qilingan xajmi;

$$q_{umumiy} = q_{\gamma} \cdot \alpha. \quad (3.8)$$

c. foydalaniladigan akkumulyator batareyasining turi tanlanadi. (geliviy yoki litiy ionli akkumulyatorlar yaxshiroq). Uni uchun q_{nom} nominal xajm va U_{nom} nominal kuchlanish yozib olinadi;

d. batareyalarni talab qilingan hajmini q_{umumiy} tanlangan akkumulyatorni nominal xajmiga bo‘lib, olingan qiymatni yaqin butun songacha yaxlitlaymiz. Bu parallel ulangan batareyalar soni bo‘ladi;

$$N_{\text{paral}}^{AKB} = \frac{q_{\text{umumiy}}}{q_{\text{nom}}} . \quad (3.9)$$

e. sistemani o'zgarmas toki nominal kuchlanishi U_{nom} akkumulyator batareyasini nominal kuchlanishiga bo'ling (ko'pincha 2, 6 yoki 12 V). Olingan qiymatni yaqin butun songacha yaxlitlang. Natija ketma-ket ulangan batareyalar sonini beradi;

$$N_{\text{ketma} - \text{ket}}^{AKB} = \frac{U_{\text{nom}}}{U_{\text{nom}}} . \quad (3.10)$$

f. akkumulyator batareyalarini talab qilingan soni quyidagicha hisoblanadi;

$$N^{AKB} = N_{\text{paral}}^{AKB} \cdot N_{\text{ketma} - \text{ket}}^{AKB} . \quad (3.11)$$

g. uyosh batareyalarini zarur bo'lgan sonini aniqlash.

Berilgan joy uchun i pik Quyosh-soatlari miqdori aniqlanadi. Buning uchun Quyosh nurini maydonchaga quyosh batareyalarini qiyaligiga teng bo'lgan qiya burchagi ostida kelib tushadigan oylik o'rtacha $kVt \times \text{soat/oy}$ miqdorini oy kunlariga bo'lish kerak. Pik soatlari deb, 1000 Vt/m^2 quyosh nuri intensivligi tushuniladi. Shunday qilib, sistema yozgi vaqtda foydalanilganida kichik qiymatga ega bo'lgan oy bo'yicha hisoblash mumkin. Agar elektr ta'minoti to'liq quyosh batareyalari yordamida amalga oshirilsa, unda eng sovuq oy bo'yicha xisoblanishi zarur. Bu xolatdagi kamchilik shundan iboratki, quyosh batareyalari ko'p miqdorda talab qilinadi, demak pik quyosh-soatlarini juda kichik qiymati natijasida o'ta katta xarajatlar paydo bo'lishidir. Quvvati katta sistemalar uchun quyosh batareyalarini o'rnatish maqsadga muvofiq bo'lmaydi. Shuning uchun zaxira manba' bo'lgan paytda hisoblashlarni pika quyosh-soatlarini o'rtacha yillik qiymat bo'yicha olish tavsiya qilinadi. Bu fotoelektrik tizimlarga bo'lgan xarajatlarni kamaytirish imkoniyatini beradi. Yilning iliq paytida ishlab chiqariladigan elektr energiya umumiy tarmoqqa berilishi mumkin, sovuq paytida o'z navbatida tarmoqdan yoki zaxira ta'minot manбайдan olish mumkin.

Agar Quyosh batareyasi tekislikka nisbatan β burchak ostida o'rnatilsa, unda qiya yuzaga tushadigan quyosh energiyasini o'rtacha oydagi kunlik yig'indi miqdori quyidagi formula yordamida topiladi.

$$E_n = R \cdot E, \quad (3.12)$$

Bu erda, E – gorizontal yuzaga tushadigan quyosh energiyasini o'rtacha oydagi kunlik yig'indi miqdori;

R – quyosh radiatsiyasining qiya va gorizontal yuzaga tushadigan o'rtacha oydagi kunlik miqdori.

Gorizontal tekislikdan janubga yo'naltirilgan qiya tekislikga qayta hisoblash koefitsienti uchta tashkil kiluvchilar- to'g'ridan-to'g'ri, yoyilgan va qaytarilgan quyosh nurlanishlarini mos ravishda yig'indisiga teng:

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad (3.13)$$

Bu erda E_R – Yoyilgan Quyosh nurlanishining gorizontal tekislikga tushadigan o'rtacha oydagi kunlik miqdori; $\frac{E_p}{E}$ – yoyilgan quyosh nurlanishini o'rtacha oydagi kunlik ulushi; R_p – to'g'ridan-to'g'ri tushadigan Quyosh nurlanishining gorizontal yuzadan qiya yuzaga qayta hisoblashdagi o'rtacha oylik koefitsienti; β – quyosh batareyasi yuzasini gorizontga nisbatan qiyalik burchagi; ρ – er yuzasi va boshqa atrofdagi jismlar yuzasining qaytarish koefitsienti (albedo), ko'pincha qish mavsumi uchun 0,7; yoz mavsumi uchun 0,2 deb qabul qilinadi. To'g'ridan-to'g'ri tushadigan quyosh nurlanishining gorizontal yuzadan qiya yuzaga qayta hisoblash o'rtacha oylik koefitsienti:

$$R_n = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_{zh} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{zh} \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_z + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_z \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta}, \quad (3.14)$$

bu erda, φ – joy kengligi, grad; β - quyosh batareyasini gorizontga qiyalik burchagi, grad; δ - quyoshning tushishi (er shari markazi va quyosh markazi va uni ekvator tekisligiga proeksiyasini birlashtiradigan chiziq o'rtasidagi burchak), oyni o'rtacha kunida, grad

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right), \quad (3.15)$$

$n - 1$ yanvardan boshlab hisoblangan kunning tartibi raqamini (yilning har bir oyi uchun o'rtacha hisoblash kuni raqami) δ qiymatini 3.6 - jadvaldan olish mumkin.

3.6-jadval

Quyoshni tushish burchagi

Oy	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
n	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
δ , grad	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	23,1	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

ω_{gori} – gorizontall yuza uchun quyoshning soatlik chiqish (botish) burchagi:

$$\omega_{gori} = \arccos(-\tan \varphi \cdot \tan \delta). \quad (3.16)$$

ω_{janub} – janubga yunaltirilgan qiya yuza uchun quyoshning soatlik botish burchagi:

$$\omega_{janub} = \arccos[-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan \delta]. \quad (3.17)$$

9) foydalanishi rejalashtirilgan Quyosh batareyasini turi tanlanadi. SHuning uchun P_{nom}^{KB} - nominal quvvat va U_{nom}^{KB} - nominal kuchlanish, shuningdek I_{mqn} - maksimal quvvat nuqtasidagi tok yozib chiqiladi;

10) akkumulyator batareyasini zaryad – razryadiga ketadigan yo‘qotishlarni hisobga olish uchun $q_{bir-kunlik}$ qiymati $\zeta=1,2$ koeffitsientga ko‘paytiriladi;

$$q_{bir-kunlik} = q_{24 soat} \cdot \zeta. \quad (3.18)$$

11) berilgan i joy uchun $q_{bir-kunlik}$ qiymati pik quyosh-soatlari soniga bo‘linadi. Natijada quyosh batareyasi ishlab chiqarishi kerak bo‘lgan tok qiymati quyidagi ifodadan topiladi;

$$I^{KB} = \frac{q_{3-p}}{i}. \quad (3.19)$$

12) parallel ulangan modullar sonini aniqlash uchun, batareyalar ishlab chiqargan tok qiymatini bitta modulning maksimal toki I_{mqn} ga bo‘linadi va yaqin butun songacha yaxlitlanadi;

$$W_{nomp} = 151,6 \quad (3.20)$$

13) ketma-ket ulangan modullar sonini aniqlash uchun, tizimni o'zgarmas tok kuchlanishi U_{umg} quyosh batareyasini nominal kuchalanishiga bo'linadi (ko'pincha 12 va 24 V);

$$N_{ketma-ket}^{QB} = \frac{U_{inv}}{U_{o'rt}^{QB}} \cdot \quad (3.21)$$

14) Talab qilingan fotoelektrik modullarning umumiy soni;

$$N^{QB} = N_{paral}^{QB} \cdot N_{ketma-ket}^{QB} \cdot \quad (3.22)$$

15) Quyosh batareyalarining yuzasi;

$$S^{QB} = N^{QB} \cdot S_1^{QB}, \quad (3.23)$$

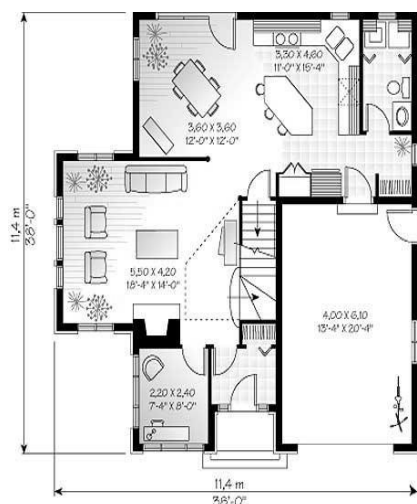
Bu erda, S_1^{FM} - bitta quyosh batareyasining yuzasi.

3.2. Fotoelektrik stansiyalardagi invertorlarni xisoblash

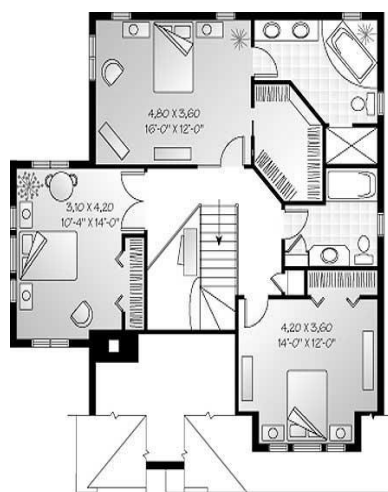
Invertorning quvvati va energiya iste'molini aniqlash usuli: Hisoblashlar Qarshi shaxrida joylashgan $11,4 \times 11,4$ m gabarit o'chamlarga ega bo'lgan ikki qavatli xususiy uy uchun bajarildi (34-rasm). Birinchi qavatda mehmonlar uchun xona, umumiy ovqatlanish xonasi, oshxona, ish xonasi, kirish xonasi, sanuzel va avtomobillarni to'xtash joyi joylashgan. Ikkinchi qavatda mos ravishda uchta dam olish xonasi, yuvinish xonasi, sanuzel va koridor. Haftada iste'mol qilinadigan elektr energiya miqdori $w_{perpen} = 151,6 \text{ kVt} \times \text{soat}$ (3.7-jadval). Uy umumiy energiya tarmog'iga ulangan. Quyosh batareyalari ishlab chiqaradigan elektr energiya iste'mol uchun etarli bo'lmaganda, umumiy tarmoqdan iste'mol qilinadi va aksincha, ishlab chiqariladigan elektr energiya iste'moldan ko'p bo'lganida tarmoqqa uzatiladi.



a)



b)



d)

3.1-rasm. Ikki qavatli xonadon.

a) uyning tashqi ko'rinishi; b) uyning birinchi qavat rejasi; d) uyning ikkinchi qavat plani

3.7-jadval

O'zgaruvchan tok yuklamasi

№	O'zgaruvchan tok yuklamasi	Quvvat, Vt	×	Hafta soatlari	=	kVt×soat/xafta
1	Yoritgichlar	1460	×	30,3	=	44,2
2	SVCH-Pech	1000	×	7,0	=	7,0
3	Choynik	1500	×	3,7	=	5,6
4	Boshqa oshxona qurilmalari	200	×	4,2	=	0,8
5	Muzlatgich	230	×	103,6	=	23,8
6	Televizor	300	×	21,5	=	6,4
7	Kompyuter	300	×	43,4	=	13
8	Sovutgich	1000	×	32,2	=	32,2
9	Chang yutgich	1000	×	3,9	=	3,9
10	Fen	1200	×	3,3	=	4,0
11	Kir yuvish mashinasi	700	×	4,9	=	3,4
12	Dazmol	800	×	6,7	=	5,3
13	Boshqa asboblari	1500	×	1,3	=	2,0
Jami					=	151,6

Quvvatlarning bo'linish grafigi 3.1-rasmida ko'rsatilgan:

1) Invertordagi yuqotishlarni hisobga olib quyidagicha o'zgarmas tok energiyasi talab qilinadi:

$$W_{tarmoq} = W_{perpen} \cdot k = 151,6 \cdot 1,2 = 181,92 \text{ kVt} \times \text{soat} \quad (3.24)$$

2) Invertorni tanlash uchun, W_{tarmoq} qiymatini iste'molchilarning xaftadagi ish soatlariga bo'linadi, ya'ni $7 \times 24 = 168$ soat;

$$P_{inver} = \frac{W_{tar}}{7 \cdot 24} = \frac{181,92 \cdot 10^3}{7 \cdot 24} = 1082,86 \text{ Vt} \quad (3.25)$$

3) Simin SIM-1500P inverterini tanlaymiz. Invertorni naminal kuchlanishi;
 $U_{inver} = 24 \text{ B}$, nominal quvvati $P_{inver} = 1500 \text{ Bm}$.

4) O'zgaruvchan tok yuklamasini qoplash uchun, hafta mobaynida talab qilinadigan tok miqdori

$$q_{o'zgar}^{hafta} = \frac{W_{tarmoq}}{U_{inver}} = \frac{181,92 \cdot 10^3}{24} = 7580 \text{ A} \times \text{soat} \quad (3.26)$$

5) Uyda o'zgarmas tok yuklamasi mavjud emas deb, qabul qilamiz.

$$W_{o'garmas} = 0 \quad (3.27)$$

6) Amper×soat sutkalik iste'mol qiymati:

$$q_{om} = \frac{q_{xaftma}}{7} = \frac{q_{xaftma}^{yax-n}}{7} = \frac{7580}{7} = 1082,86 \text{ Amper} \times \text{soat} \quad (3.28)$$

Akkumulyator batareyalarining zaruriy hajmi va sonini aniqlash

1) Ish rejimi to'liq yil bo'lganligi uchun va umumiy elektr tarmog'idan foydalaniladigani uchun, ya'ni sutkaning har qanday vaqtida akkumulyator batareyalarini zardya olishi va istalgan kuniga amalga oshirilishi mumkin bo'lgan shartlarda, ketma-ket «Quyoshsiz kunlar» maksimal sonini $N_{qk}=1$ deb qabul kilamiz:

2) Quyoshsiz kunlarni xisobga oluvchi akkumulyatorlarni yig'indi xajmi;

$$q_N = q_{24 \text{ soat}} \cdot N_{qk} = 1082,86 \cdot 1 = 1082,86 \text{ A} \times \text{s}. \quad (3.29)$$

3) Akkumulyator batareyasini ruxsat etilgan razryadi chuqurligini kattaligini 50% qabul kilamiz. Mos ravishda foydalanish koeffitsienti $\gamma=0,5$;

4) Razryad chuqurligini xisobga olib akkumulyator batareyasini zaryadi;

$$q_{\gamma} = \frac{q_N}{\gamma} = \frac{1082,86}{0,5} = 2165,72 \text{ Amper} \times \text{soat} \quad (3.30)$$

5) 3.4-jadvaldan akkumulyator batareyalari o'rnatilgan xona ichidagi atrof-muxitni xaroratini xisobga oluvchi koeffitsientni tanlaymiz. Agar akkumulyator batareyalari avtomobil turar joyi ichida joylashgan bo'lsa, harorat $T=15,6\text{ }^{\circ}\text{S}$ bo'lganida $\alpha=1,11$ bo'ladi;

$$q_{umumiy} = q_{\gamma} \cdot \alpha = 2165,72 \cdot 1,11 = 2403,95 \text{ Amper} \times \text{soat} \quad (3.31)$$

6) DJM 12200 markali akkumulyator batareyasini tanlaymiz. Nominal kuchlanish $U_{o'rt} = 12\text{ V}$, xajmi $q_{o'rtacha} = 200\text{ Amper} \times \text{soat}$;

7) Parallel ulangan batareyalar soni;

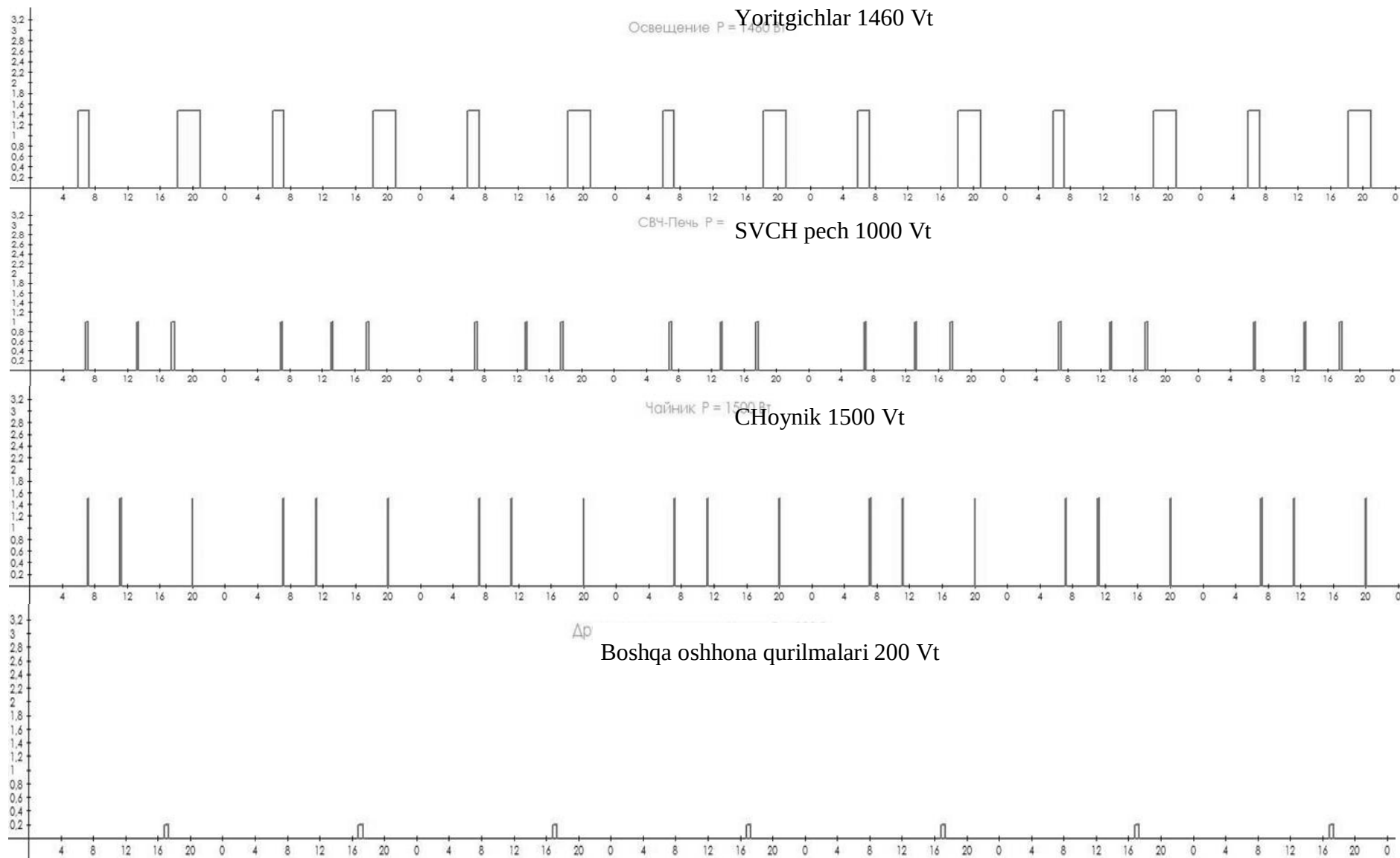
$$N_{\text{paral}}^{QB} = \frac{q_{umumiy}}{q_{o'rtacha}} = \frac{2403,95}{200} = 12 \text{ .} \quad (3.32)$$

8) Parallel ulangan batareyalar soni:

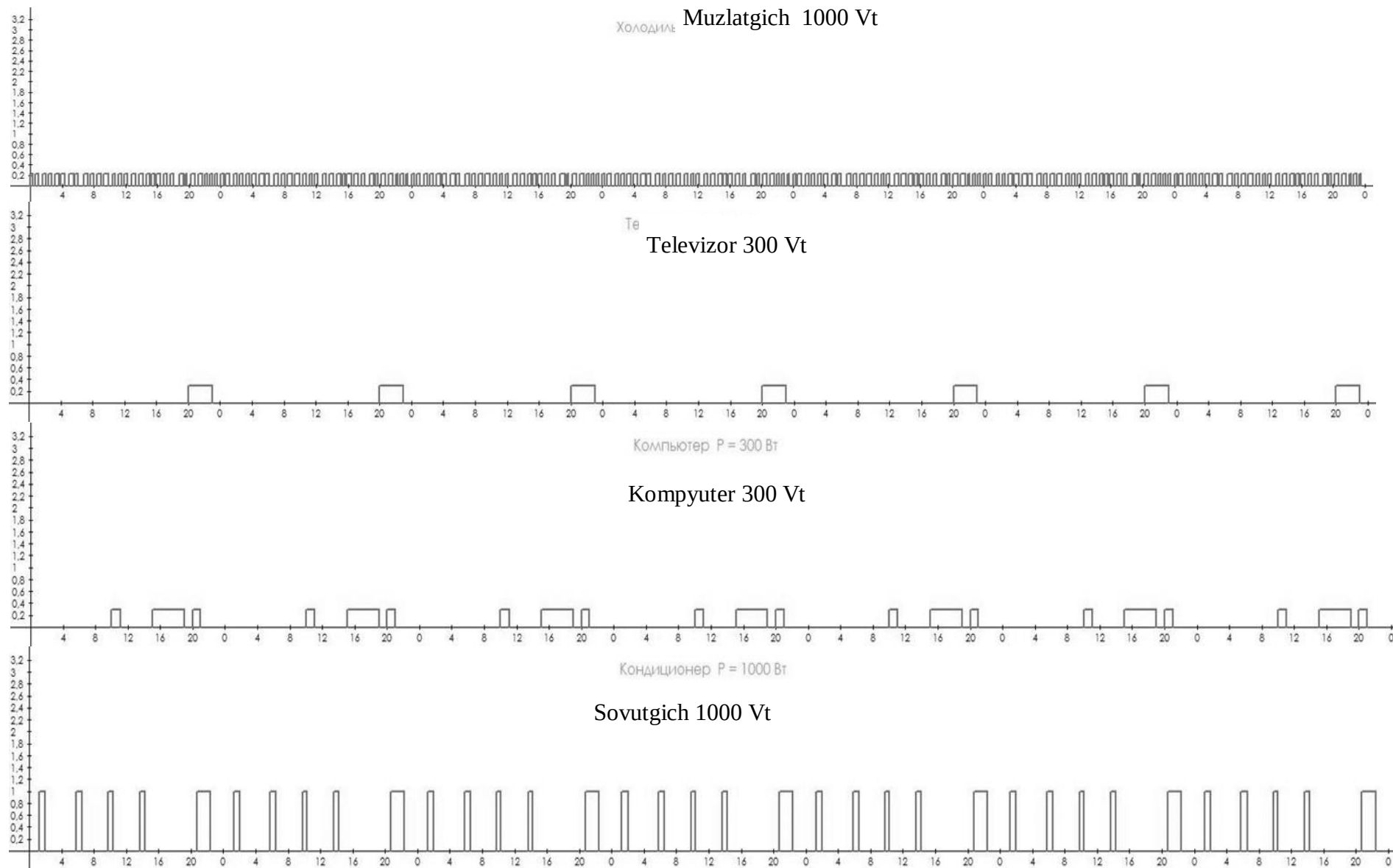
$$N_{\text{ketma - ket}}^{QB} = \frac{U_{\text{inver}}}{U_{o'rtacha}} = \frac{24}{12} = 2 \text{ .} \quad (3.33)$$

9) Akkumulyator batareyalarini kerak bo'lgan umumiy soni.

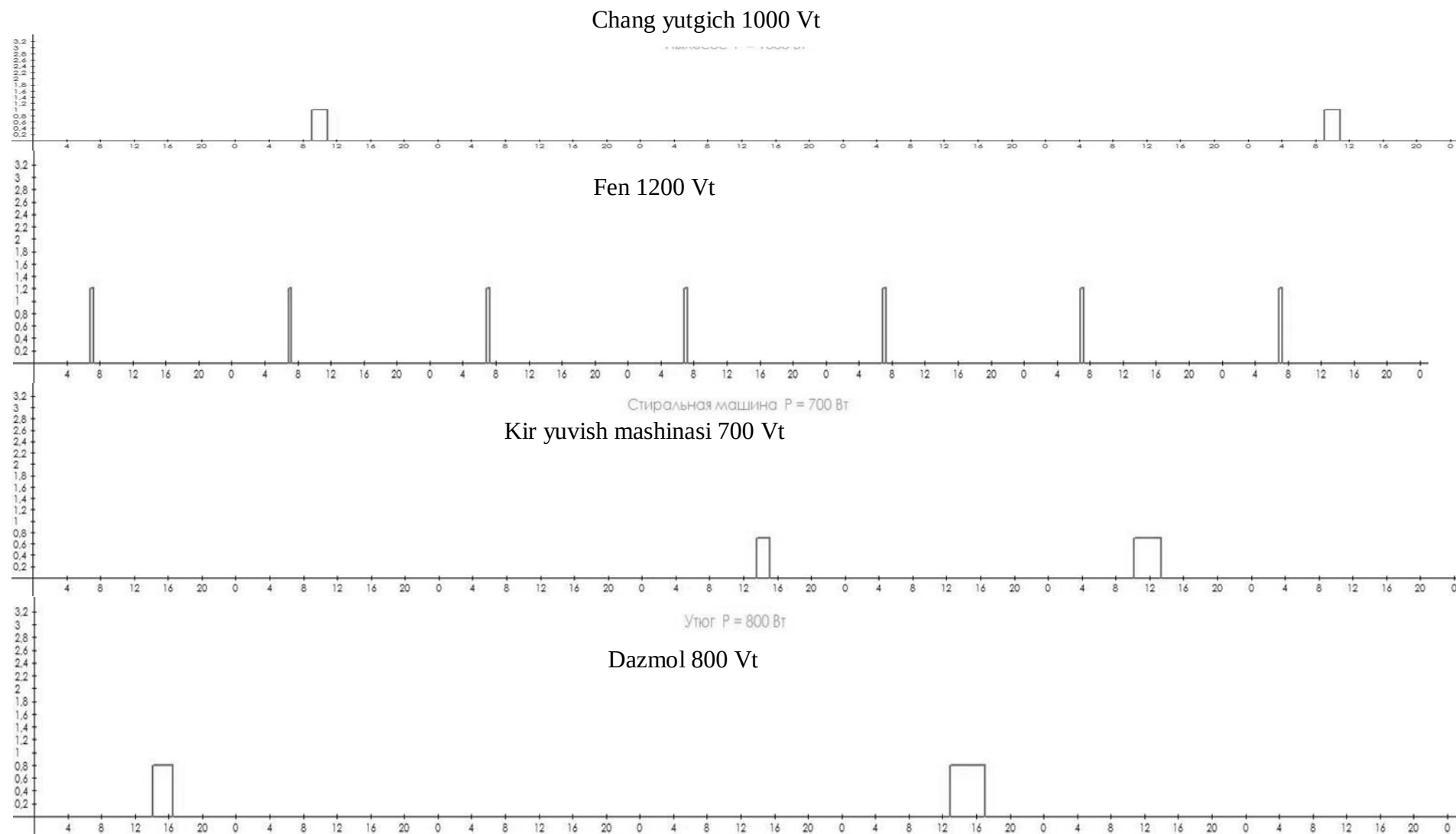
$$N^{QB} = N_{\text{parallel}}^{QB} \cdot N_{\text{ketma - ket}}^{QB} = 12 \cdot 2 = 24 \text{ .} \quad (3.34)$$



3.2 -rasm. Elektr yuklamalarini taqsimlanish grafigi

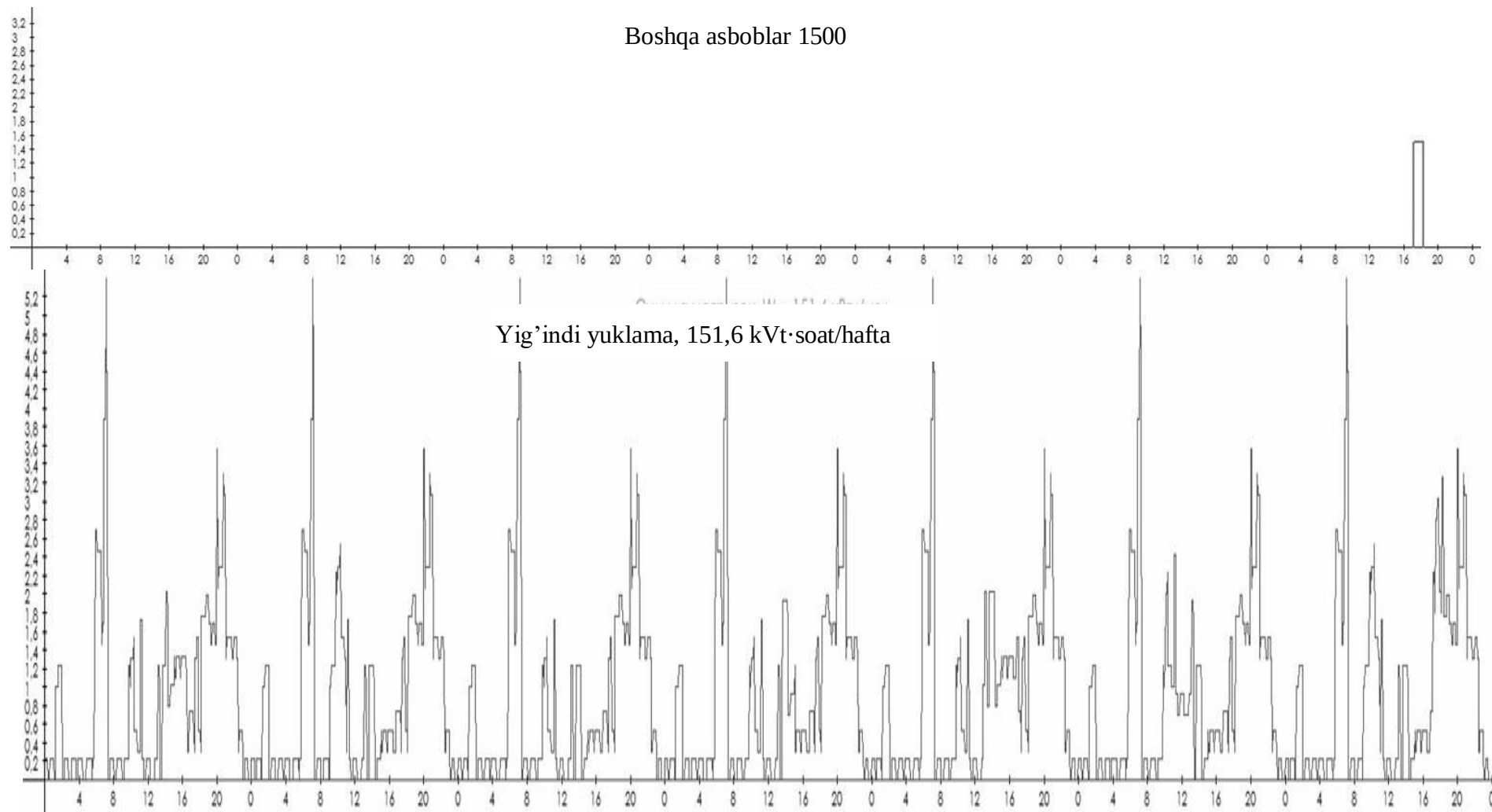


3.3-rasm. Elektr yuklamalarini taqsimlanish grafigi



3.4- rasm. Elektr yuklamalarini taqsimlanish grafigi.

a. Akkumulyator batareyalarini talab qilingan umumiy xajmi:



3.5- rasm. Elektr yuklamalarini taqsimlanish grafigi

Quyosh batareyalarini zaruriy sonini aniqlash quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

1) Quyosh-soatidagi piklar sonini aniqlash uchun Qarshi shaxridagi Quyosh nurlanishini o'rtacha oylik qiymatini bilish kerak;

2) agar quyosh batareyalari gorizontalga nisbatan $\beta=45^0$ o'rnatilsa, unda quyosh nurlanishi gorizontal yuzadan qiya yuzaga qayta hisoblanadi. Joy kengligi qiymati quyidagilardan iborat: 1) quyosh batareyalarining qiyalik burchagi;

3) gorizontal yuza uchun quyoshni soatlik botish burchagi; 3) janubga yo'naltirilgan qiya yuza uchun quyoshni soatlik botish burchagi; 4) janubga yunaltirilgan gorizontal tekislikdan qiya tekislikga kaytishni xisoblash koefitsienti; 5) gorizontal yuzaga tushuvchi quyosh energiyasini qiymati; 6) er yuzasini albedosi, to'g'ridan-to'g'ri tushadigan quyosh nurlanishini gorizonatal yuzadan qiya yuzaga kayta hisoblash o'rtacha oylik koefitsienti 7) quyoshni karalab turish soatlari soni 3.8-jadvalda keltirilgan;

4) fotoelektrik tizimga bo'ladigan xarajatlarni kamaytirish uchun berilgan xolatni hisoblashda pik quyosh-soatlarini o'rtacha yillik miqdori bo'yicha bajariladi. Buni umumiy energetik tizimning dubler tarzida foydalanish hisobiga amalga oshirish mumkin. Yilning iliq vaqtida ishlab chiqariladigan elektr energiya umumiy tarmoqqa uzatilishi mumkin, sovuq payti mos ravishda tarmoqdan olinishi mumkin.

3.8-jadval

$\beta=45^0$ qiya burchagi uchun pik quyosh-soatlari qiymatini hisoblash.

Oylar	φ	β	ω_{y}	ω_{zh}	R_p	To'g'ri nurlanish $E_s, \text{kVt} \times \text{soat/m}^2$	Yoyilgan nurlanish $E_D, \text{kVt} \times \text{soat/m}^2$	Yig'indi nurlanish $E, \text{kVt} \times \text{soat/m}^2$	P	R	i
yanvar	45	45	67,55	90	2,98	15,13	24,44	39,57	0,7	1,78	2,37
fevral	45	45	76,65	90	2,13	20,95	31,43	52,38	0,7	1,48	2,58
mart	45	45	87,60	90	1,51	47,72	51,22	98,94	0,7	1,29	4,26
aprel	45	45	99,53	90	1,11	77,99	59,36	137,35	0,2	1,01	4,61
may	45	45	109,90	90	0,89	96,61	73,33	169,94	0,2	0,88	4,99
iyun	45	45	115,25	90	0,80	123,38	69,84	193,22	0,2	0,84	5,38
iyul	45	45	112,82	90	0,84	145,5	66,35	211,85	0,2	0,86	6,09
avgust	45	45	103,89	90	1,01	123,3	57,04	180,42	0,2	0,98	5,87
sentyabr	45	45	92,20	90	1,33	87,3	48,89	136,19	0,2	1,18	5,34
oktyabr	45	45	80,26	90	1,89	59,3	38,41	97,77	0,7	1,61	5,26

noyabr	45	45	69,98	90	2,71	22,12	27,94	50,06	0,7	1,79	2,99
dekabr	45	45	64,88	90	3,33	11,64	20,95	32,59	0,7	1,85	2,00
										O'rtacha:	4,31

5) KV 175 quyosh batareyasini tanlaymiz, ya'ni $P_{o'rt}^{QB} = 175$ Vt, $U_{mak}^{QB} = 36$ V, maksimal quvvat nuqtasidagi tok $I_{mak} = 4,93$ Amper Quyosh batareyasini yuzasi $1,28 \text{ m}^2$;

6) Invertorni kuchlanish bilan ta'minlash uchun pasaytiruvchi kuchlanish stabilizatorini o'rnatamiz va quyosh batareyasi chiqishidagi minimal kuchlanish $U_{min}^{QB} = 24$ V. Bu quyosh radiatsiyasini past intensivligida ham energotizimning ishlash barqarorligini ta'minlaydi. Keyingi hisoblashlar kuchlanish stabilizatori o'rnatilganida yuqoridagilardan farq qiladi;

7) Akkumulyator batareyasini zaryad-razryadiga ketadigan yukotishlarni xisobga olamiz;

$$q = q_{24 \text{ soat}} \cdot \zeta = 1082,86 \cdot 1,2 = 1299,43 \text{ Amper} \times \text{soat} \quad (3.31)$$

8) Quyosh batareyalari ishlab chiqarishi kerak bo'lgan tokning qiymati;

$$I^{QB} = \frac{q}{i} = \frac{1299,43}{4,31} = 301,49 \text{ A} \quad (3.32)$$

9) Quyosh batareyalarini umumiy talab qilingan soni;

$$N^{QB} = \frac{I^{QB} \cdot U_{inver}}{P_{o'rt}^{QB}} = \frac{301,49 \cdot 24}{175} = 41 \quad (3.34)$$

10) Ketma-ket ulangan modullar soni;

$$N_{ketma-ket}^{QB} = \frac{U_{inver}}{U_{min}^{QB}} = \frac{24}{24} = 1 \quad (3.35)$$

11) Parallel ulangan modullar soni;

$$N_{paral}^{QB} = \frac{N^{QB}}{N_{ketma-ket}^{QB}} = \frac{41}{1} = 41 \quad (3.36)$$

12) Quyosh batareyalarining yuzasi.

$$S^{QB} = N^{QB} \cdot S_1^{QB} = 41 \cdot 1,28 = 52,48 \text{ m}^2. \quad (3.37)$$

3.3. Quvvati 5 kVt bo'lgan fotoelektrik stansiya invertori uchun toroid shaklidagi transformatorni xisoblash

Dastlabki ma'lumotlar:

$$U_1 = 27 \text{ V};$$

$$U_2 = 220 \text{ V};$$

$$S_2 = 5000 \text{ VA}$$

1) transformatsiya koeffitsientini aniqlaymiz;

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{27}{220} = 0,123 ; \quad (3.38)$$

2) transformatorning ruxsat etilgan FIKni $\eta_{\text{qo'sh}} = 0,95$ deb qabul qilamiz;

3) transformatorni taxminiy gabarit quvvatini aniqlaymiz;

$$S_{\text{tp}} = S_1 = S_2 / \eta_{\text{qo'sh}} = 5000 / 0,95 = 5263 \text{ VA}; \quad (3.39)$$

4) transformator cho'lgamlaridagi toklarni aniqlaymiz;

$$I_1 = S_1 / U_1 = 5263 / 27 = 194,9 \text{ A}; \quad (3.40)$$

$$I_2 = S_2 / U_2 = 5000 / 220 = 22,7 \text{ A}. \quad (3.41)$$

5) magnit o'tkazuvchining taxminiy kesim yuzasini quyidagi ifoda orqali aniqlaymiz;

$$S_{\text{MII 1}} = \frac{\sqrt{P_p}}{1,2} = \frac{\sqrt{5263}}{1,2} = 60,5 \text{ cm}^2 \quad (3.42)$$

6) magnit o'tkazgich o'lchamlarini hisoblaymiz;

7) Tor kesimidagi kvadrat tomonini aniqlaymiz: $a = \sqrt{S_{\text{MII 1}}} = \sqrt{60,5} = 7,8 \text{ cm};$

8) Kvadrat kesim tomoni 8 sm bo'lgan magnit o'tkazgichni qabul qilamiz;

9) Ushbu $a = \frac{D_1 - D_2}{2}$, ifodadan chulg'am diametrni aniqlaymiz. Bu erda,

D_1 – chulg'amni tashqi diametri;

D_2 – chulg'amning ichki diametri (oyna diametri);

$D_1/D_2 = 1,62$ qabul qilamiz;

Demak, chulg'amning ichki diametrini quyidagi formuladan aniqlanishi mumkin;

$$a = \frac{D_2 (1,62 - 1)}{2} \Rightarrow D_2 = \frac{2a}{0,62} = \frac{2 \cdot 8}{0,62} = 25,2 \text{ cm}; \quad (3.43)$$

Unda chulg'amning tashqi diametri quyidagicha aniqlanadi;

$$D_1 = D_2 \cdot 1,62 = 40,7 \text{ cm}; \quad (3.44)$$

Bundan $D_1 = 42 \text{ sm}$; $D_2 = 26 \text{ sm}$; $a = h = 8 \text{ sm}$; $S_{MP} = 64 \text{ sm}^2$, deb qabul qilamiz;

10) magnit induksiyaning ruxsat etilgan qiymati: $B_{\max} = 1,2 \text{ Tl}$;

Elektrotexnik po'latdan tayyorlangan temir o'zak uchun, magnit maydonining kuchlanganligi $H_{\max} = 1000 \text{ A/m}$ teng bo'ladi (magnitlanish egri chizig'i);

11) W_2 ikkilamchi cho'lg'am o'ramidagi o'ramlar sonini aniqlaymiz;

$$w_2 = \frac{U_{2m}}{4,44 f B_{\max} S_{MI}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 220}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,2 \cdot 0,0064} = 182; \quad (3.45)$$

12) w_1 : birlamchi cho'lg'am o'ramidagi o'ramlar sonini aniqlaymiz;

$$w_1 = k w_2 = 0,123 \cdot 182 = 22; \quad (3.46)$$

13) bitta o'ramdagi EYUK miqdorini aniqlaymiz;

$$e_w = \frac{U_2}{w_2} = \frac{220}{182} = 1,21 \text{ B} \quad (3.47)$$

14) tok zichligini $j=4 \text{ A/mm}^2$ belgilab, simlar diametrini tanlaymiz;

$$\text{Birlamchi o'ram: } d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{I_1}{j}} = 1,13 \sqrt{\frac{194,9}{4}} = 7,9 \text{ mm} \quad (3.48)$$

$$\text{Ikkilamchi o'ram: } d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{I_2}{j}} = 1,13 \sqrt{\frac{22,7}{4}} = 2,7 \text{ mm} \quad (3.49)$$

15) o'ramlardagi simlar uzunligini aniqlaymiz;

$$l_2 = 2(a + h + 2d_2) \cdot w_2 = 2 \cdot (8 + 8 + 2 \cdot 0,27) \cdot 182 = 6021 \text{ cm}; \quad (3.50)$$

$$l_1 = 2(a + h + 2d_2 + 2d_1) \cdot w_2 = 2 \cdot (8 + 8 + 2 \cdot 0,27 + 2 \cdot 0,79) \cdot 182 = 797 \text{ cm};$$

16) O'ramlar qarshiligini aniqlaymiz;

$$R_1 = \frac{4 \rho l_1}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 0,017 \cdot 10^{-6} \cdot 7,97}{3,14 \cdot 7,9^2 \cdot 10^{-6}} = 0,0028 \text{ Om} \quad (3.51)$$

$$R_2 = \frac{4 \rho l_2}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 0,017 \cdot 10^{-6} \cdot 60,21}{3,14 \cdot 2,7^2 \cdot 10^{-6}} = 0,179 \text{ Om}$$

17) o'ramlardagi kuchlanish tushishini aniqlaymiz;

$$\Delta U_1 = I_1 \cdot R_1 = 194,9 \cdot 0,0028 = 0,55 \text{ B};$$

$$\Delta U_2 = I_2 \cdot R_2 = 22,7 \cdot 0,179 = 4,06 \text{ B}; \quad (3.52)$$

18) misdagi yo'qotishlarni aniqlaymiz;

$$\Delta P_{M1} = I_1^2 R_1 = 194,9^2 \cdot 0,0028 = 106,36 \text{ Bm};$$

$$\Delta P_{M2} = I_2^2 R_2 = 22,7^2 \cdot 0,179 = 92,2 \text{ Bm}; \quad (3.53)$$

19) po‘latdagi yo‘qotishlarni aniqlaymiz;

$$\text{Gisterezisdagi yo‘qotish: } \Delta P_r = H_c B_s V = 20 \cdot 1,2 \cdot 0,0134 = 0,32 \text{ Bm}; \quad (3.54)$$

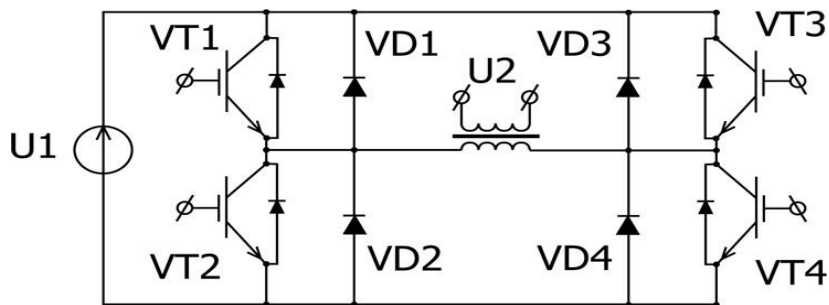
Vixr toklariga yo‘qotishlar;

$$\Delta P_T = \frac{1,64 t^2 f^2 \cdot B_{\max} V}{\rho} = \frac{1,64 \cdot 0,001^2 \cdot 50^2 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 10^{-6}} \cdot 0,0134 = 109,9 \text{ Bm}; \quad (3.55)$$

20) transformator FIK aniqlaymiz;

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{M1} + \Delta P_{M2} + \Delta P_r + \Delta P_T} = \frac{5000}{5000 + 106,36 + 92,2 + 0,32 + 109,9} = 0,94 \quad (3.56)$$

Ko‘priqli inverter quvvat elementlarini tanlash (3.6-rasm).



3.6-rasm. Ko‘priqli invertorning sxemasi

21) Tranzistorlarning zaruriy parametrlarini hisoblaymiz:

$$U_{QE} = \sqrt{2} U_1 = \sqrt{2} \cdot 27 = 38,2 \text{ B};$$

$$I = \sqrt{2} I_1 = \sqrt{2} \cdot 194,9 = 275,6 \text{ A}; \quad (3.57)$$

22) 2 ta juft IGBT modulni tanlaymiz [3]:

CM400DY-12NF quyidagi parametrlari:

$$U_{QE} = 600 \text{ V};$$

$$I_{QE} = 400 \text{ A};$$

Birinchi modul VT1 va VT2 tranzistorlardan iborat;

Ikkinchi modul VT3 va VT4 tranzistorlardan iborat;

23) 2ta juft diod modul tanlaymiz;

RM250DZ-M quyidagi parametrlari;

$$U_{obr} = 400 \text{ V};$$

$$I_{maks} = 250 \text{ A};$$

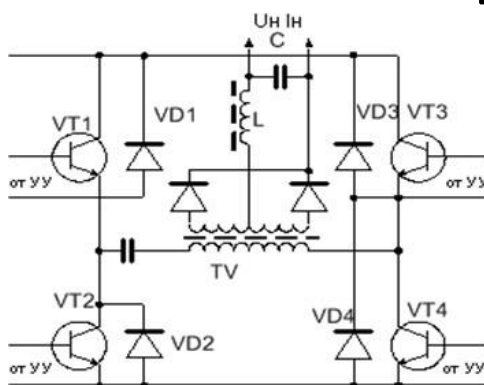
Birinchi modul VD1 va VD2 diodlaridan iborat;

Ikkinchi modul VD3 va VD4 diodlaridan iborat.

3.4. Fotoelektrik stansiyalardagi quvvati 17 kVt bo'lgan impulsli kuchlanish stabilizatorini loyixalash va xisoblash

Dastlabki ma'lumotlar:

- 1) $R_n=17000 \text{ Vt}$ – yuklama quvvati;
- 2) $U_{\text{kirish. o'rt.}}=220 \text{ V}$ – nominal kirish kuchlanishi (quyosh batareyasining parametrlarida);
- 3) $K_{\text{kirish.1}}=0,8$ – minimal kirish kuchlanishini hisoblash uchun koefitsient;
 $k_{\text{kirish.2}}=1,2$ – maksimal kirish kuchlanishini hisoblash uchun koefitsient;
- 4) $U_{\text{o'rt.}}=220 \text{ V}$ – blokdan chiquvchi stabillashgan o'zgarmas kuchlanish.
- 5) $I_{\text{o'rt.}}=77,3\text{A}$ – yuklamani nominal toki; $I_{\text{o'rt.min}}=7,73\text{A}$ – yuklamaning minimal toki;
- 6) $U_{\text{o'rt.}}=1,1 \text{ V}$ – chiquvchi o'zgarmas kuchlanishning o'zgaruvchan tashkil etuvchisi I.S.N. (ozgina o'zgarishi), yoyilmasi;
- 7) $f=10 \text{ kGs}$ – quvvat tranzistorlarini ishlash chastotasi I.S.N;
- 8) Quvvat transformatori M6000NM1 tagli temir o'zakdan iborat. Boshqa tipdagilari quyidagi qatordan tanlanadi: M2000 NM1–A(B); M2000 NM1-17; M3000 NM-A; M6000 NM-1).



3.7-rasm. Ikki kontaktli quvvat qismining prinsipial sxemasi ISN

1-boskich. Transformatorning hisoblash uchun, dastlabki ma'lumotlarni aniqlash:

1) ISN Yuklamaning quvvati (kVt);

$$P_{o'rt} = U_{o'rt} \cdot I_{o'rt}, \quad (3.58)$$

bu erda, $U_{o'rt}$ – yuklama kuchlanishi, V;

$I_{o'rt}$ – yuklamadagi tok, A.

$$P_H = 220 \cdot 77,3 = 17000 \text{ Vt.}$$

2) Transformatorning birlamchi cho'lg'amidagi o'ramidagi kuchlanishni minimal amplituda qiymati;

$$U_{IM \min} = U_{kirish \min} - U_{K.E.H.}, \quad (3.59)$$

bunda, $U_{kirish \min}$ - minimal kirish kuchlanishi,

$$U_{kirish \min} = k_{kirish} U_{kirish o'rt} = 220 \cdot 0,8 = 176 \text{ V}, \quad (3.60)$$

$U_{K-E.K.}$ - Quvvat tranzistorini tuyinish rejimidagi kollektor-emitter kuchlanishi, 0,7 V tashkil etadi;

$$U_{IM \min} = 176 - 0,7 = 175,3 \text{ V}. \quad (3.61)$$

3) Transformatorning ikkilamchi cho'lg'amidagi o'ramidagi kuchlanishni minimal amplituda qiymati:

$$U_{2m \min} = \frac{U_H + \Delta U_{dp} + \Delta U_{\phi}}{\gamma_{max}}, \quad (3.62)$$

bunda, $\Delta U_{dp} = R_{dp} I_H - L_f$ drosseldagi kuchlanish tushishi;

R_{dr} – drossel o'ramining qarshiligi.

Kuchlanish tushishi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$\Delta U \approx 0,6 B - U_{o'rt} > 5 B$, bo'lganda bu erda, ΔU_{ϕ} - To'g'rilovchi dioddagi

kuchlanishni tushishi;

$\Delta U_{\phi} = 0,7 \text{ V}$ tashkil qiladi;

$\gamma_{max} - \gamma_{min}$ boshqaruv impulslarini to'ldirish koeffitsienti 0,45 deb qabul qilamiz.

Nazariy jihatdan I.S.N. da chegaraviy to'ldirish koeffitsienti $< 0,5$ kichik bo'lishi kerak.

$$U_{2m \min} = \frac{220 + 0,6 + 0,7}{0,45} = 492 \text{ V}. \quad (3.63)$$

4) transformatsiya koeffitsienti;

$$K_{tp} = \frac{U_{2m \min}}{U_{1m \min}}, \quad (3.64)$$

$$K_{TP} = \frac{492}{175,3} = 3. \quad (3.65)$$

5) transformatorning ikkilamchi cho'lgami o'ramidagi maksimal amplituda kuchlanishi;

$$U_{2m \max} = K_{tp} \cdot U_{1m \max}, \quad (3.66)$$

bu erda, $U_{1m \max} = k_{ex2} \cdot U_{kirish, o'rt.} - U_{K, \varnothing, H.}$ - transformatorni birlamchi o'ramidagi maksimal amplituda kuchlanishi;

$$U_{1m \max} = 1,2 \cdot 220 - 0,7 = 263,3 \text{ V}, \quad (3.67)$$

$$U_{2m \max} = 263,3 \cdot 3 = 789,9 \text{ V}. \quad (3.68)$$

6) transformatorida kuchlanish impulslarini to'ldirish koeffitsenti minimal qiymati;

$$\gamma_{\min} = \frac{U_{\mu} + U_{\Delta} + U_{\Delta} + U_{\Delta}}{U_{2m \max}}, \quad (3.69)$$

$$\gamma_{\min} = \frac{220 + 0,6 + 0,7}{786} = 0,28. \quad (3.70)$$

7) transformatorning birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlari o'ramlaridagi kuchlanishlarning samaradorli qiymatlari quyidagi ifodadan aniqlanadi;

$$\begin{aligned} U_{1.ef.} &= U_{Im \min} \sqrt{\gamma_{\max}}, \\ U_{2.ef.} &= U_{I2m \min} \sqrt{\gamma_{\max}}, \end{aligned} \quad (3.71)$$

$$\begin{aligned} U_{1.ef.} &= 175,3 \sqrt{0,45} = 117,6, \\ U_{2.ef.} &= 492 \sqrt{0,45} = 330. \end{aligned} \quad (3.72)$$

8. Transformatorni birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlari o'ramlaridagi toklarning samarador qiymatlari quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} I_{2ef.} &= I_{\mu} \sqrt{\gamma_{\max}}, \\ I_{1ef.} &= I_2 \sqrt{\gamma_{\max}}. \end{aligned} \quad (3.73)$$

bunda, I_2 –transformatorning ikkilamchi cho'lg'ami o'ramidagi tokning amplituda qiymati. Biz qarayotgan holatda filtr drosseli orqali oqayotgan tokni kichik o'zgarishlarida $I_2 = I_{o'rt.}$

$$I_{2ef} = 77,3 \sqrt{0,45} = 51,8 \text{ Amper}, \quad (3.74)$$

$$I_{1ef} = 77,3 \sqrt{0,45} = 51,8 \text{ Amper}. \quad (3.75)$$

8) endi transformatorning o'lcham quvvati quyidagi ifodadan aniqlanadi;

$$P_{o'lb} = \frac{U_{1\phi} I_{1\phi} + U_{2\phi} I_{2\phi}}{2} + P_{uyqomuu}, \quad (3.76)$$

bu erda, $P_{uyqomuu} = P_n k_y$, k_u – (UU) sxemani quvvat bilan ta'minlashdagi yuqotishlar koeffitsienti, uni $R_{yo'qotish}$ iste'molini hisobga olgan holda $k_y=0,02$ deb qabul qilamiz, shunda transformator qo'shimcha quvvatni aniqlash mumkin.

$$P_{yoqotish} = P_n \cdot k_y = 17000 \cdot 0,02 = 340 \text{ Bm} \quad (3.78)$$

$$P_{o'lb} = \frac{117,6 \cdot 51,8 + 330 \cdot 51,8}{2} + 340 = 11592,8 \text{ Vt}. \quad (3.79)$$

9) Transformatorning elektr magnit quvvatini tavsiflovchi parametrlarni hisoblaymiz – $S_{st} \times S_{ok}$. ($s \times sm^4$). Bu transformatorning aktiv ko'ndalanga kesimi yuzasini S_{st} ($v \text{ sm}^2$) transformator o'ramlari soni bilan to'ldiriladigan temir o'zak oynasi yuzasiga S_{ok} ($s \times sm^2$) ko'paytmasiga teng;

$$S_{st} \cdot S_{ok} \geq \frac{P_{o'lb}}{10 \cdot \Delta B j \eta_{mp} k_c k_M f}, \quad (3.80)$$

bu erda, ΔB - t_i (Tl) transformator temir o'zagidagi magnit induksiya o'zgarish oralig'i 9-jadvalga asosan $\Delta B = 0,4 \text{ Tl}$ ga teng.

3.9-jadval

Ikki kontaktli quvvat qismi uchun transformator temir o'zagida magnit induksiya o'zgarish oralig'i.

Ferrit markasi	Oralik ΔB , Tl
	$R_n \geq 11 \text{ Vt}$
M2000NM1-A M2000NM1-B M2000NM1-17	0,2
M300NM1-A	0,28
M6000NM1	0,4

f - ISN ishlash chastotasi, kGs;

j – transformator cho'lgami o'ramlaridagi tok zichligi ISN chiquvchi quvvatiga qarab tanlanadi (10-jadval).

$J = 1 \text{ A/mm}^2$ qabul qilamiz.

3.10-jadval

Transformator cho'lg'amidagi tok zichligi.

Pn, Vt	201÷500	500÷1000	>1000
j, A/mm ²	4÷3,5	3,5÷2	1

10) η_{tr} - bu bosqichda transformatorning foydali ish ko'effitsienti, $R_{o'rt.} > 50 \text{ Vt}$ uchun $\eta_{tr}=0,97$ deb qabul qilamiz;

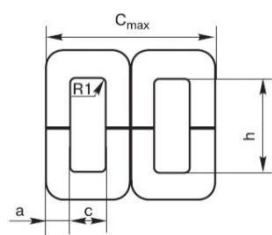
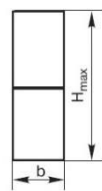
11) k_s - magnit o'tkazuvchi temir o'zagining ko'ndalang kesim yuzasini ferromagnit bilan samarali to'ldirilishini hisobga oluvchi ko'effitsient ferrit uchun 1 ga teng;

12) k_m - temir o'zak aylanaridagi o'ramlar yani mislari bilan to'ldirilish darajasini hisobga oluvchi ko'effitsient, bu bosqichda $R_n > 50 \text{ Vt}$ uchun $k_m=0,15$ - qabul qilamiz;

$$S_{cm} \cdot S_{ok} = \frac{11592,84}{10 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 0,15 \cdot 10} = 1991,9 \text{ sm}^4. \quad (3.81)$$

Shu parametr bo'yicha, magnit o'tkazuvchilar qatoridan yaqin bo'lgan xalqacha shaklidagi temir o'zakni tanlash mumkin.

13) Yaqin keladigan temir o'zak $s_{cm} \cdot s_{ok} = 2100 \text{ sm}^4$;



III - shakldagi magnit o'tkazgich turi.

$a=32 \text{ mm}$; $h=160 \text{ mm}$;

$s=64 \text{ mm}$; $S=128,7 \text{ mm}$;

$N=225,4 \text{ mm}$; $V=64 \text{ mm}$;

$S_{st}=20,5 \text{ sm}^2$; $l_{sr}=54,9$

sm ; $V_{st}=1125 \text{ sm}^3$;

$G_{st}=7,72 \text{ kg}$.

3.8-rasm. Xalqacha shaklidagi temir o'zak.

14) transformator chulg'ami o'ramlaridagi kuchlanish impulsining maksimal davomiyligi;

$$t_{u \max} = T \cdot \gamma_{\max}, \quad (3.82)$$

$$\text{bu erda, } T - \text{ impulslar davri, } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10 \cdot 10^3} = 0,1 \text{ } \mu\text{s} ; \quad (3.83)$$

$$\gamma_{\max} = 0,45. \quad (3.84)$$

$$t_{u \max} = 0,1 \cdot 0,45 = 0,045 \text{ } \mu\text{s} = 45 \text{ nsec} . \quad (3.85)$$

15) kuch transformatorining birlamchi W_1 va ikkilamchi W_2 cho'lg'amlaridagi o'ramlar soni;

$$W_1 = \frac{t_{u \max} U_{1m \max}}{BS_{cm}} , \quad (3.86)$$

$$W_2 = W_1 \cdot k_{mp} , \quad (3.87)$$

W_1 va W_2 katta son tomongacha yaxlitlaymiz.

$$W_1 = \frac{0,45 \cdot 175,3 \cdot 10^{-4}}{0,4 \cdot 20,5 \cdot 10^{-4}} = 10 \text{ o'ram,} \quad (3.88)$$

$$W_2 = W_1 \cdot k_{mp} = 10 \cdot 3 = 30 \text{ o'ram,} \quad (3.89)$$

16) birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlar uchun simlar diametric, (mm);

$$D_{1M} = D_{2M} = 1,13 \sqrt{I_{1ef} / (j \cdot N_1)} , \quad (3.90)$$

bu erda I_{1ef} i I_{2ef} – samarador toklar, A;

$$j - \text{ tok zichligi } \left[\frac{A}{mm^2} \right], j = 1 \left[\frac{A}{mm^2} \right]; \quad (3.91)$$

N_1 va N_2 – transformatorning birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlarida parallel simlar soni, ikki cho'lg'amli transformator uchun $N_1=N_2=3$.

$$D_{1M} = D_{2M} = 1,13 \sqrt{51,8 / 1 \cdot 3} = 4,7 \text{ mm} . \quad (3.92)$$

17) cho'lg'amlardagi simlar uchun ma'lumotlar bazasidan diametr qiymati bo'yicha, yaqinrog'ini tanlaymiz. Shu erda, tanlangan simlar ko'ndalang kesimlarining S_{1iz} va S_{2iz} izolyasiyalarini hisobga olgan holda, mos ravishda birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlar uchun topamiz (mm^2). PETV-2 simini tanlaymiz.

$$D_{1\phi} = D_{2\phi} = 5,20 \text{ mm} \quad (3.93)$$

Izolyasiya qilingan simning kesim yuzasi $S_{1iz}=21,24 \text{ } mm^2$. Uzgarmas tokning solishtirma karshiligi $\rho_1=0,000811 \text{ } \Omega/m$.

18) Birlamchi va ikkilamchi temir o'zak oynalari bilan band bo'lgan, jami ko'ndalang kesim yuzasi (sm^2),

$$S_{\Sigma} = (S_{1\Sigma} + S_{2\Sigma}) / 100, \quad (3.94)$$

bu erda, $S_{1\Sigma} = S_{1uz} \cdot W_1 \cdot N_1$ - birlamchi cho'l'g'anda band bo'lgan ko'ndalang kesim yuzasi;

$S_{2\Sigma} = S_{2uz} \cdot W_2 \cdot N_2$ - ikkilamchi cho'l'g'anda band bo'lgan ko'ndalang kesim yuzasi.

$$S_{\Sigma} = (S_{1\Sigma} + S_{2\Sigma}) / 100 = 637,2 + 1911,6 = 2548,8 \text{ mm}^2 = 25,49 \text{ cm}^2, \quad (3.95)$$

$$S_{1\Sigma} = S_{1uz} \cdot W_1 \cdot N_1 = 21,24 \cdot 10 \cdot 3 = 637,2 \text{ mm}^2, \quad (3.96)$$

$$S_{2\Sigma} = S_{2uz} \cdot W_2 \cdot N_2 = 21,24 \cdot 30 \cdot 3 = 1911,6 \text{ mm}^2. \quad (3.97)$$

19) Oldingi hisoblashlar asosida temir o'zak oynalarining cho'l'g'amlari bilan yopilish koeffitsientini aniqlaymiz;

$$k_o = S_{\Sigma} / S_o, \quad (3.98)$$

bu erda, S_o –transformatorning tanlagan temir o'zak oynasining kesim yuzasi.

k_o koeffitsienti $0,19 \leq k_o \leq 0,25$ oralig'larida bo'lishi shart.

$$S_o = h \cdot c = 160 \cdot 64 = 10240 \text{ mm}^2 = 102,4 \text{ cm}^2. \quad (3.99)$$

$$k_o = S_{\Sigma} / S_o = \frac{25,37}{102,4} = 0,23. \quad (3.100)$$

20) Birlamchi va ikkilamchi cho'l'g'amlar uchun kerak bo'lgan sim uzunligi:

$$l_{1n} = l_{sim.o'u1} \cdot W_1 / 100, \quad (3.101)$$

$$l_{2n} = l_{sim.o'u2} \cdot W_2 / 100$$

bu erda, $l_{sim.o'u}$ - sim o'ralayotganida cho'l'g'amning o'rtacha uzunligi, quyidagi ifoda orqali topiladi;

$$l_{sim.o'u1} = 2 \cdot (a + B + D_{1ef}), \quad (3.102)$$

bu erda, a , B – magnit o'tkazgichning o'lchamlari, mm; D_{1ef} – misli simning diametri.

$$l_{cp.s} = 2 \cdot (32 + 64 + 5,20) = 202,4 \text{ mm}, \quad (3.103)$$

$$l_{1n} = \frac{202,4 \cdot 10}{100} = 20,24 \text{ cm}, \quad (3.104)$$

$$l_{2n} = \frac{202,4 \cdot 30}{100} = 60,72 \text{ cm}.$$

21) birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlarning o'zgaras tokining aktiv qarshiligi O_m ;

$$R_1 = \frac{\rho_1 \ell_1}{NN_1}; \quad R_2 = \frac{\rho_2 \ell_2}{NN_2}, \quad (3.105)$$

bu erda, ρ_1 va ρ_2 – berilgan kesim yuza uchun bir metr o'raladigan simni qarshiligi, $\rho_1 = \rho_2 = 0,00811 \text{ } O_m / M$

$$R_1 = \frac{\rho_1 \ell_1}{NN_1} = \frac{0,00811 \cdot 0,2024}{3} = 0,00055 \text{ } O_m; \quad R_2 = \frac{\rho_2 \ell_2}{NN_2} = \frac{0,00811 \cdot 0,6072}{3} = 0,0016 \text{ } O_m \cdot \quad (3.105)$$

22) yuqori chastotada tokni chiqarib yuborish effektini hisobga olib, cho'lg'amlarni to'liq qarshiligini hisoblaymiz (yuza effekti). Ma'lumki, cho'lg'amlar soni oshgan sayin, mis o'tkazgichning qarshiligi oshadi. Bu hodisada, uni hisobga olish uchun oddiy nisbatni berish foydali bo'ladi. Yuqori chastotada mis o'tkazgichni qarshiligi hisoblash formulasi;

$$R_n = k_f \cdot r_o, \quad (3.104)$$

bu erda, R_n – yuza effektini hisobga oluvchi o'tkazgichning to'liq qarshiligi;

r_o – o'tkazgichning o'zgaras tok qarshiligi;

k_f – yuqori chastotani tuzatish koefitsienti.

Shunday qilib, transformator uchun qarab chiqilayotgan hisoblash metodikasida keltirilgan belgilashlardagi yuqori chastotalarda to'liq qarshilikni aniqlash ifodasiga qaytib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$R_{1n} = k_f R_1; \quad R_{2n} = k_f R_2, \quad (3.104)$$

bunda, R_{1n} va R_{2n} – yuqori chastotani transformatorning birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlaridagi to'liq qarshilik, O_m ;

k_f – koefitsientni 11-jadvaldan olingan qiymati;

R_1 va R_2 – cho'lg'amlarning o'zgaras tok qarshiligi.

3.11-jadval

Yuqori chastotali sinusoidal tok uchun tuzatish koefitsienti k_f .

Chastota f, kGs	20	50	75	100	150	200	250	300	400	500
-----------------	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

$D_M > 0,8 \text{ mm}$ diametrli utkazgichlar uchun k_f	1,014	1,065	1,24	1,3	1,41	1,6	1,76	1,9	2,16	2,37
--	-------	-------	------	-----	------	-----	------	-----	------	------

k_f oraliq qiymatlarini hisoblashlarda jadvalda keltirilgan qiymatlardan katta tomonga yaqin qiymatni olish kerak. Hozirgi holatda, simning 5,2 mm diametri va 20 kGs chastotasida $k_f \approx 1,014$ ga teng. Transformator cho'lg'amlar qarshiliklarini topilgan qiymatlari, transformatoridagi yuqotishlarni aniqlash uchun quyidagicha aniqlanadi.

$$\begin{aligned} R_{1n} &= k_f R_1 = 1,014 \cdot 0,00055 = 0,00056 \text{ } \Omega \text{ m / m}, \\ R_{2n} &= k_f R_2 = 1,014 \cdot 0,0016 = 0,00162 \text{ } \Omega \text{ m / m}. \end{aligned} \quad (3.105)$$

2-BOSQICH. Yuqori chastotali transformatoridagi yo'qotishlar va ularning qizishi hamda FIK hisoblash

1) transformatorning birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlari misidagi quvvat yo'qotishlari (Vatt larda);

$$P_{1M} = I_{1\varphi}^2 \cdot R_{1n}, \quad (3.106)$$

$$P_{2M} = I_{2\varphi}^2 \cdot R_{2n},$$

$$P_{1M} = 51,8^2 \cdot 0,00056 = 1,5 \text{ Bm}, \quad (3.107)$$

$$P_{2M} = 51,8^2 \cdot 0,00162 = 4,4 \text{ Bm}.$$

2) transformatorning ikkala cho'lg'amlari misidagi jami yo'qotishlar, harorat ko'tarilganida qarshilik o'zgarishlarini hisobga olgan xolda;

$$P_M = (P_{M1} + P_{M2})[1 + 0,004 (T_\theta - T_o)], \quad (3.108)$$

bu erda, T_{ruksat} – temir o'zak materialining ruksat etilgan maksimal harorati;

$$T_{ruksat} = 100 \div 120^\circ\text{S}; T_o = 15^\circ\text{S}. \quad (3.109)$$

$$P_M = (1,5 + 4,4)[1 + 0,004 (100 - 15)] = 7,91 \text{ Vt}. \quad (3.110)$$

3) chastota va induksiyaga bog'liq bo'lgan magnit o'tgazgichidagi solishtirma yo'qotishlarni quyida keltirilgan ifoda bo'yicha hisoblaymiz;

$$P_{\varphi} = P_1 \cdot f^\alpha \cdot B^\beta \cdot (1 + k \cdot T), \quad (3.111)$$

bu erda, R_1 , α , β , k – koeffitsientlar, ularning qiymatlari 3.12-jadvalda keltirilgan;

T – transformatorning temir o'zak xaroratini, bu bosqichda T=100 °C deb qabul qilamiz. Chastota kGs ifodalanadi.

3.12-jadval

Solishtirma quvvatni hisoblash uchun koeffitsientlar.

Koeffitsient	Quyidagi chastotalarda koeffitsient qiymati, kGs							
	0,4÷100	100÷1000	0,4÷100	100÷1000	0,4÷100	100÷1000	0,4÷100	100÷1000
	Ferritlar rusumi							
	M2000NM-1A M2000NM-1B		M2000NM1-17		M3000NN-A		M6000NM-1	
R_1 Vt/kg	32±7	13±3	63±10	25±4	48±8		11±2	38±0,8
α	1,2	1,4	1,2	1,4	1,2		1,35	1,6
β	2,4		2,85		2,76		2,69	2,6
$k (^{\circ}C)^{-1}$	0,004		0,004		0,008		0,008	

3.12-jadvaldan topamiz;

$$R_1=11 \text{ Vt/kg}, \alpha = 1,35, \beta = 2,69, k=0,008(^{\circ}S)^{-1}. \quad (3.112)$$

$$P_{y\phi} = 11,0 \cdot 10^{1,35} \cdot 0,4_{2,69} (1 + 0,008 \cdot 100) = 37,7 \text{ Vt/kg}. \quad (3.113)$$

Transformator temir o'zagidagi uni qayta magnitlanishiga sarflanadigan yo'qotishlar (Vatt larda), chiqish toklariga ketadigan yo'qotishlarni e'tiborga olinmaydi:

$$P_{um.yoq} = \frac{P_{y\phi} m_{og'ir}}{10^3}, \quad (3.114)$$

bunda, $m_{t.o'.o.}$ – transformator temir o'zak massasi, grammlarda. Biz qarayotgan holatda $m_{t.o'.o.} = G_{st}=7,72 \text{ kg}=7,72 \cdot 10^3 \text{ g}$.

$$P_{um.yo'} = \frac{37,7 \cdot 7,72 \cdot 10^3}{10^3} = 291,04 \text{ Vt/kg}. \quad (3.116)$$

4) endi transformatoridagi jami quvvat yuqotishlarini(Vatt larda) aniqlash mumkin;

$$P_{\Sigma} = P_M + P_{um.yo'}, \quad (3.117)$$

$$P_{\Sigma} = 7,91 + 291,04 = 298,95. \quad (3.118)$$

5) topilgan P_{Σ} jami yo'qotishlarga mos ravishda, transformator FIK (protsentlarda) quyidagi ifodadan kelib aniqlaymiz:

$$\eta_{um.} = \frac{U_{2ef} I_{2ef} \cdot 100}{U_{2ef} I_{2ef} + P_{\Sigma}}, \quad (3.119)$$

$$\eta_{um.} = \frac{330 \cdot 51,8 \cdot 100}{330 \cdot 51,8 + 298,95} = 98,28 \% . \quad (3.120)$$

6) tabiiy konveksiya sharoitlarida transformatorning qizib ketishini hisoblash uchun , uni sovutish yuzasini xisoblaymiz (santimetr kvadratlarda). Tanlangan temir o'zak shakli uchun;

$$S_{sovut} = 2 \cdot [H \cdot C + H \cdot B + 2 \cdot h \cdot a_{umumiy}], \quad (3.121)$$

bu erda, $a_{umumiy} = 6 \cdot D_{1ef}$ – o'lchamda simlar joylashtirish hisobiga sovutiladigan yuzani oshishini ko'rsatuvchi o'lcham (tanlangan temir o'zak kesimida sim 6 marta ko'rinadi).

$$S_{sovut} = 2 \cdot [225,4 \cdot 128,7 + 225,4 \cdot 64 + 2 \cdot 160 \cdot (6 \cdot 5,2)] / 100 = 1068,37 \text{ cm}^2 \quad (3.122)$$

Transformator uchun taklif qilinadigan harorat (Selsiy graduslarda);

$$\tau = \frac{P_{\Sigma}}{\alpha_M S_{sovut}}, \quad (3.123)$$

bu erda, $\alpha_M = (10 \div 15) \cdot 10^{-4} \frac{Bm}{\text{cm}^2 \cdot ^\circ C}$ - transformatorning issiqlik qaytarish

koeffitsienti $\alpha_M = 10 \cdot 10^{-4} \frac{Bm}{\text{cm}^2 \cdot ^\circ C}$ tanlaymiz.

$$\tau = \frac{298,95}{10 \cdot 10^{-4} \cdot 1068,37} = 279,8^\circ C . \quad (3.124)$$

Ushbu formula yordamida hisoblangan transformatorning qizib ketishi, ruxsat etilgan qiymatdan oshib ketmasligi kerak, hozirgi holatda u ferromagnitli temir o'zakni ruxsat etilgan ishchi haroratiga mos ravishda aniqlanadi. Bu harorat, temir o'zakni asosiy magnit parametrlari kafolatlangan haroratdir.

Hozirgi holatda olingan turdagi temir o'zak uchun maksimal ishchi harorati $120^\circ C$ ga teng. Demak, ISN blogi ichidagi $70^\circ S$ dan oshmaydigan harorat uchun transformatorning qizib ketish harorati $\tau \leq 40^\circ C$ bo'lishi kerak. Qizib ketish harorati qiymati $40^\circ C$ bo'lganida, unda transformatordan issiqlikni olib tashlash uchun ko'shimcha sovutish moslamasini o'rnatish kerak.

3-BOSQICH. Transformatorning salt yurish toki va uning elektrofizik parametrlarini hisoblash.

1) transformatorning tayarlash va foydalanishga topshirishda nazorat parametri sifatida berish mumkin bo'lgan elektrofizik parameter, ya'ni salt yurish tokini hisoblaymiz. Aktiv salt yurish toki ifodasiga qaraymiz;

$$I_{o.a.} = P_{cm} / U_{1\phi} , \quad (3.125)$$

$$I_{o.a.} = 291,04 / 117,6 = 2,47 \text{ A}. \quad (3.126)$$

Salt yurish tokining reaktiv tashkil qiluvchisi:

$$I_{or} = \frac{H_M \ell_{cp} \cdot 10^{-2}}{W_1} , \quad (3.127)$$

bu erda, ℓ_{cp} – tanlangan temir o'zak uchun magnit quvvat chizig'ining o'rtacha uzunlik, sm;

H_M –temir o'zakdagi magnit maydoni kuchlanganligi, A/m.

H_M hisoblash uchun temir o'zakning xususiy sikl bo'yicha ideallashtirilgan gisterezis petlyasini ishchi induksiya $V_{tr.s}$ qiymati bo'yicha, kayta magnitlanadi deb hisoblaymiz:

$$H_M = \frac{B_{TP.c}}{\mu_o \mu} , \quad (3.128)$$

bunda $B_{TR.s} = B_r + \Delta B / 2 . \quad (3.129)$

ΔB kattaligi yuqorida aniqlangan edi, magnit o'tkazgichli materialni V_r qoldiq induksiyasi magnit o'tkazgichni tanlangan turi uchun ma'lumotlar bazasi asosida aniqlangan (3.13-jadval). Temir o'zakning minimal magnit o'tkazuvchanligi

$$\mu = \mu_1 - \Delta \mu \quad (3.130)$$

bu erda, μ_1 - magnit o'tkazuvchi materialning nominal magnit o'tkazuvchanligi;

$\mu_0 = 4 \times \pi \times 10^{-7} \text{ Gn/m}$ – nisbiy magnit o'tkazuvchanlik;

$\Delta \mu$ - induksiya kamayganida magnit o'tkazuvchanlik;

B_r , μ_1 va $\Delta\mu$ kattaliklarini qiymatlari

Parametr	Ferromagnit rusumli materiallarning parametrlari		
	M2000NM1-A M2000NM1-B M2000NM1-17	M3000NM1-A	M6000NM-A
V_r, T_l	0,14	0,1	0,14
μ_1	2000	3000	6000
$\Delta\mu$	300	300	1200

$$3.13\text{-jadvaldan } B_r = 0,14 \text{ Tl}; \mu_1 = 6000; \Delta\mu = 1200. \quad (3.131)$$

tanlangan temir o'zak uchun $l_{sr}=54,9$ sm.

$$B_{TP.c} = B_r + \Delta B / 2 = 0,14 + 0,4 / 2 = 0,34 \text{ Tl}, \quad (3.132)$$

$$\mu = 6000 - 1200 = 4800, \quad (3.133)$$

$$H_M = \frac{0,34}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 4800} = 56,4 \text{ A/m}, \quad (3.134)$$

$$I_{or} = \frac{56,4 \cdot 54,9 \cdot 10^{-2}}{10} = 3,1 \text{ A}. \quad (3.135)$$

Salt yurish toki samarali qiymatini quyidagi ifoda orqali topamiz;

$$I_{xx} = \sqrt{I_{o.a.}^2 + I_{or}^2}, \quad (3.136)$$

$$I_{xx} = \sqrt{3,1^2 + 2,47^2} = 3,96 \text{ A}. \quad (3.137)$$

2) turli ferromagnitlar uchun induktivlik (Gn):

a. M2000NM1-A; M2000NM1-B; M2000NM1-17 markali ferrtlar uchun

$$L_{\mu 1} = \frac{0,26 (W_1 / 100)^2 S_{cm}}{l_{cp}}, \quad (3.138)$$

Bu erda S_{sg} (santimetr kvadratlarda) va l_{sr} (santimetrlarda);

- M3000NM-A markali ferromagnitdan qilingan temir o'zak uchun

$$L_{\mu 1} = \frac{0,38 (W_1 / 100)^2 S_{cm}}{l_{cp}}; \quad (3.139)$$

- M6000NM-1 markali ferromagnitdan qilingan temir o'zak uchun:

$$L_{\mu 1} = \frac{0,78 (W_1 / 100)^2 S_{cm}}{l_{cp}}. \quad (3.140)$$

Hozirgi xolatda ko'rsatilgan formulalardan oxirgisidan foydalaniladi:

$$L_{\mu 1} = \frac{0,78 \cdot (10 / 100)^2 \cdot 20,5}{54,9} = 0,003 = 3 \text{ m Gn.} \quad (3.141)$$

4- BOSQICH. Quvvat tranzistori ishlash rejimini hisoblash

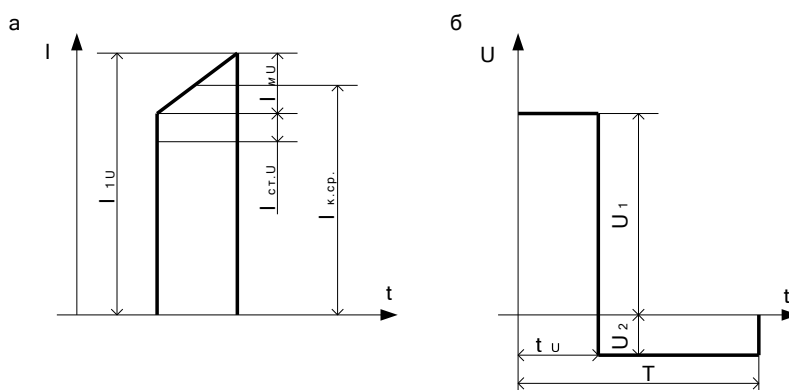
Impuls tokini tashkil qiluvchilarini hisoblashdan boshlaymiz:

1) transformatorning magnitlanish toki qiymatini tavsiflovchi impuls toki (amperlarda) I_{μ} , impuls oxirida quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi;

$$I_{\mu u} = \frac{U_{1M \min} \gamma_{\max}}{L_{\mu 1} f \cdot 10^{-3}}, \quad (3.142)$$

bunda f – chastota, kGs.

$$I_{\mu u} = \frac{175,3 \cdot 0,45}{0,003 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 2,6 \text{ A.} \quad (3.143)$$



3.9-rasm Quvvat tranzistorining ishlash rejimlari

Tranzistor orqali o'tadigan tokni bir qismi transformator temir o'zagida qayta magnitlanishga (po'latdagi yo'qotishlar) yo'qotiladigan qismi bo'lib, uni quyidagicha hisobga olish mumkin. Quvvat tranzistorini ishlash rejimlari 3.9-rasmda keltirilgan. Bu yo'qotishlar ikkita teng qismga bo'linadi deb hisoblaymiz: birinchisi temir o'zakni magnitlanishidan kelib chiqadi, ikkinchisi – uni magnitlanishini yo'qotish bosqichida. Shunday qilib, tokni ishchi impuls oralig'ida

«po‘lat» dagi quvvat yo‘qotishlariga ekvivalent bo‘lgan, to‘g‘ri burchakli impulsni ortishi bor deb hisoblab, uni quyidagi nisbatdan aniqlaymiz:

$$I_{\text{cr.н.}} = \frac{P_{\text{cr}}}{2 U_{1M \text{ min}}} \quad (3.144)$$

$$I_{\text{cm.у}} = \frac{291,04}{2 \cdot 175,3} = 0,8 \text{ A} . \quad (3.145)$$

2) jami tok (amperlarda), uni transformatorni salt yurish toki deb ataymiz;

$$I_{\text{xxu}} = I_{\text{cm.у}} + I_{\mu U} , \quad (3.146)$$

$$I_{\text{xxu}} = 0,8 + 2,6 = 3,4 \text{ A} . \quad (3.147)$$

3) ikki kontaktli sxema uchun quvvat tranzistori orqali oqadigan impuls tokini maksimal qiymati (amperlarda) uni ishga tushirish vaqtida;

$$I_{1U} = \frac{I_{\text{xxu}}}{2} + I_{1\phi} \frac{1}{2\sqrt{\gamma_{\text{max}}}} , \quad (3.148)$$

$$I_{1U} = \frac{3,4}{2} + 51,8 \frac{1}{2\sqrt{0,45}} = 40,3 \text{ A} . \quad (3.149)$$

4) ekvivalent bo‘lgan to‘g‘ri burchakli impuls tokini o‘rtachasini olish yo‘li orqali to‘ldirish koefitsientiga bog‘liq ravishda tranzistor kollektori tokini aniqlaymiz.

Kollektor toki amplitudasini o‘zgarishi to‘ldirish koefitsientiga bog‘liq bo‘lib, u quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$\Delta I_k = \frac{U_{1M \text{ min}} t_{U \text{ max}}}{L_{\mu 1}} , \quad (3.150)$$

bunda, $t_{U \text{ max}}$ – mikrosekundlarda; $L_{\mu 1}$ - mikrogenrida; ΔI_k - amperlarda.

$$\Delta I_K = \frac{175,3 \cdot 0,045}{3} = 2,62 \text{ A} . \quad (3.151)$$

5) kollektorning o‘rtacha toki;

$$I_{\text{к.ср.}} = (I_{1U} - \Delta I_k / 2) \gamma_{\text{max}} , \quad (3.152)$$

$$I_{\text{к.ср.}} = (40,3 - 2,6 / 2) \cdot 0,45 = 17,55 \text{ A} . \quad (3.153)$$

6) yoyilish induktivligi natijasida chiqib ketadigan kuchlanishni hisobga olmasdan kollektor-emiter tranzistorini $U_{k.e.}$ – kuchlanishini maksimal qiymatini topamiz. Ikki kontakli (push-pulnoy) sxema uchun;

$$U_{k.e.,max} = 2k_{BX} U_{BX,HOM}, \quad (3.154)$$

$$U_{k.e.,max} = 2 \cdot 1,2 \cdot 220 = 528 \text{ B.} \quad (3.155)$$

7) Mana bu tranzistorni tanlaymiz - C3D IGBT seriyasi Ultrafast N-kanal 600V/24A/ $U_{ke(nas)}=1,6 \text{ V}$, ichiga oʻrnatilgan diod Hyperfast, trise/fall=16/210 ns TO247 53,06 50.

- $t_f=16 \text{ ns}$ - tranzistorni ochilish fronti davomiyligi;
- $t_s=210 \text{ ns}$ - tranzistorning yopilish impulsini tushish davomiyligi;
- $U_{k.e.,H.} = 1,6 \text{ V}$ - kollektor-emmitter tranzistorning toʻyinish rejimidagi kuchlanishi;
- $U_{b.e.,H.} = 2,0 \text{ V}$ - baza-emmitter tranzistorning qaralaetgan tranzistor uchun toʻyinish rejimidagi kuchlanishi;
- $I_b=7,7 \text{ A}$ - baza-emmitter oqarli oʻtish toki.

5- BOSQICH. ISN quvvat diodlarini ishlash rejimini hisoblash

1) Diodlarning oʻrtacha tokini maksimal qiymati;

$$I_{VD} = I_H \cdot \gamma_{max}, \quad (3.156)$$

$$I_{VD} = 77,3 \cdot 0,45 = 34,8 \text{ A.} \quad (3.157)$$

2) kommutatsiya qiluvchi VD_2 diodni oʻrtacha tokini maksimal qiymati (yopilish vaqtidagi impulsni hisobga olmaganda);

$$I_{VD} = I_H (1 - \gamma_{min}), \quad (3.158)$$

$$I_{VD} = 77,3 \cdot (1 - 0,28) = 55,5 \text{ A.} \quad (3.159)$$

3) VD_1 va VD_2 diodlardagi teskari kuchlanish uchun maksimal qiymatni quyidagi nisbatdan topamiz (chiqib ketuvchi isrofni hisobga olmasdan);

$$U_{obr max} = U_{2Mmax}, \quad (3.160)$$

$$U_{obr max} = 786 \text{ V.} \quad (3.161)$$

4) diodlarni tanlash: Kuchlanish va o'rtacha tokni maksimal qiymatidan kelib chiqib modulli Shottki diodini tanlaymiz IRKE71/08A, 1 diod 80A 800V ADD-A-Pak:

- Ruxsat etilgan maksimal o'rtacha to'g'ri tok $I_d=80$ A;
- Ruxsat etilgan maksimal o'rtacha teskari kuchlanishi $U_d=800$ V;
- Ochiq diodda yuklama toki oqib o'tganidagi kuchlanish $\Delta U_{VD1}=\Delta U_{VD2}=0,8$ V;

Diodning teskari qarshiligini qayta tiklanish vaqti $t_{vst.}=0,5$ mks. Shottki IRK modulli diodlar ochiq paytida kuchlanish tushishini o'ta pastligi va o'tishni yuqori 150°S gacha xaroratda bo'lishi bilan ajralib turadi. Diodlarni shunaqa xususiyatlari, yuqori tok yuklamasi va past chiquvchi kuchlanishli to'g'rilagichlar uchun dolzarb sanaladi. Odatda qo'llaniladigan yuqori chastotali aylantirgichlar, yuqori tokli impulsli elektr ta'minot manba'lari, uzluksiz quvvat ta'minoti tizimlari, konverterlar, payvandlash uskunalari va quvvat qutblarini o'zgarib ketishini ximoyalash tizimlari shular jumlasidan.

6- BOSQICH. ISN chiquvchi filtrini hisoblash

1) kuchlanishni eng katta o'zgarishi to'ldirishni minimal koeffitsientida filtrdan chiqish joyida bo'lishini hisobga olamiz. Chiquvchi yuqori chastotali filtrni chiqish joyida 1-garmonikada o'zgarishni nisbiy qiymatini topamiz;

$$S = \frac{4}{\pi} \frac{100}{\gamma_{\min}} \sin [90^\circ (\gamma_{\min})] \cos [90^\circ (\gamma_{\min})] \quad (3.162)$$

$$S = \frac{4}{3,14} \cdot \frac{100}{0,28} \cdot 0,426 \cdot 0,898 = 174,04 \quad (3.163)$$

2) ISN blogi chiqishida o'zgarish koeffitsienti (foizlarda).

$$a_n = \frac{U_{n-}}{2U_n} \cdot 100, \quad (3.164)$$

bu erda, $\frac{U_{n-}}{2}$ - ISN filtrini chiqishida o'zgaruvchan tashkil qiluvchini amplitudasi.

$$a_n = \frac{1,1}{2 \cdot 220} \cdot 100 = 0,25 \% \quad (3.165)$$

3) chiquvchi filtr orqali talab qilinadigan o'zgarishlarni bosuvchi koefitsientni topamiz;

$$Q_n = \frac{S}{a_n}, \quad (3.166)$$

$$Q_n = \frac{174,04}{0,25} = 696,16. \quad (3.167)$$

4) filtr drosselining minimal induktivligi, drossel orqali o'tadigan tokni uzluksiz bo'lish shartida (mikrogenrida) quyidagicha bo'ladi;

$$L_{\text{dp.min}} = \frac{U_n \cdot 10^{-3} \cdot 0,4}{f \cdot I_{n\text{min}} \cdot \gamma_{\text{min}}} \sin [90^\circ (\gamma_{\text{min}})] \quad (3.168)$$

bunda, $I_{n\text{min}}$ berilgan va ko'pincha $0,1 I_{n\text{nom}}$ tashkil qiladi;
f – kilogerslarda.

$$L_{\text{dp.min}} = \frac{220 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4}{10 \cdot 7,73 \cdot 0,28} \cdot 0,426 = 1732 \text{ mGn}. \quad (3.169)$$

5) $U_{L33} = \sqrt{U_1^2 \gamma_{\text{min}} + U_2^2 (1 - \gamma_{\text{min}})}$ filtr drosselini hisoblash yoki tanlash uchun undagi U_{Lef} – kuchlanishni o'zgaruvchan tashkil qiluvchisini samarali qiymatini bilish kerak, bu erda $U_1 = U_{2M\text{max}} - \Delta U_{VD1} - U_H$; $U_2 = U_H + \Delta U_{VD2}$; ΔU_{VD1} i ΔU_{VD2} – Diodlarda yuklamada nominal tok rejimida kuchlanishni tugri tushib ketishi;

$$U_1 = 786 - 0,8 - 220 = 565,2 \text{ V}, U_2 = 220 + 0,8 = 220,8 \text{ V}. \quad (3.170)$$

$$U_{L33} = \sqrt{565,2^2 \cdot 0,28 + 220,8^2 \cdot (1 - 0,28)} = 352,9 \text{ B}. \quad (3.171)$$

6) drossel induktivligini hisoblangan qiymati $L_{\text{dr.min}}=1732 \text{ mGn}$ va $U_{\text{Lee}}=352,9 \text{ V}$ kuchlanish bo'yicha, undagi $P_{\Sigma\text{op}}=10 \text{ Vt}$ bilan D 380 drosselini tanlaymiz;

7) ISN filtri chiquvchi kondensatorini sig'imi (mikrofaradalarda);

$$C_\phi = \frac{(Q_n + 1) \cdot 10^{-6}}{(2\pi f)^2 L_\phi}, \quad (3.172)$$

bu erda, f – kilogerslarda; $L_f = L_{\text{dp.min}}$ – drosselni f_{rab} ishchi chastotasida samarali induktivligi (mikrogenrilarda).

$$C_{\phi} = \frac{(696,16 + 1) \cdot 10^{-6}}{(2 \cdot 3,14 \cdot 10)^2 \cdot 1732} = 102 \text{ мкФ} . \quad (3.173)$$

8) Kondensator tanlaymiz;

Kondensator filtrini tanlaymiz K50-9 imp.1000 mk Fx63 V 105°C.

Texnik parametrlari K50-29 imp. 1000 mkF x 63V 105°C:

- Ishchi kuchlanish – 63 V.
- Nominal sig‘im – 1000 mkF.
- Ishchi harorat – (-40...+105)°C.

7-BOSQICH. ISN diodlari va quvvat tranzistorlaridagi yuqotishlarni hisoblash

1) Bitta tranzistorda dinamik yo‘qotishlar;

$$P_{\text{дин}} = \frac{2}{3} I_k f \cdot 10^{-3} (U_{\text{вх. max}} t_{\phi} + 2 U_{\text{вх. max}} t_c) , \quad (3.174)$$

bu erda, $U_{\text{вх. max}} = k_{\text{вх}2} U_{\text{вх}}$; $I_k = I_{\text{ef}} / \sqrt{\gamma_{\text{max}}}$; t_c va t_{ϕ} – mikrosekundlarda; f – kilogerslarda.

$$U_{\text{вх max}} = k_{\text{вх}2} U_{\text{вх}} = 220 \cdot 1,2 = 264 \text{ V}, \quad (3.175)$$

$$I_k = I_{\text{ef}} / \sqrt{\gamma_{\text{max}}} = 51,8 / \sqrt{0,45} = 77,3 \text{ A}, \quad (3.176)$$

$$P_{\text{дин}} = \frac{2}{3} \cdot 77,3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot (264 \cdot 0,016 + 2 \cdot 264 \cdot 0,210) = 59,3 \text{ Вт} . \quad (3.177)$$

2) Tranzistordagi statistik yo‘qotishlar:

$$P_{\text{cm}} = (U_{\text{к.э.н.}} I_k + U_{\text{б.э.н.}} I_{\text{б}}) \gamma_{\text{max}} , \quad (3.178)$$

bu erda, $U_{\text{k.e.n}}$ - kollektor-emitter tranzistorini to‘yinish rejimidagi kuchlanishi, berilgan tranzistor uchun 1,6 V teng;

$U_{\text{б.э.н.}}$ - baza-emitter tranzistorini to‘yinish rejimidagi kuchlanishi, berilgan tranzistor uchun 2,0 V teng;

I_k - kollektor toki, 77,3 A teng;

$I_{\text{б}}$ - baza-emmitter o‘tishi orqali tok, 7,7 A teng;

$$P_{\text{cm}} = (1,6 \cdot 77,3 + 2 \cdot 7,7) \cdot 0,45 = 62,6 \text{ Вт} . \quad (3.179)$$

3) jami yo'qotishlar:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{дин}} + P_{\text{ст}} \quad (3.180)$$

$$P_{\Sigma} = 59,3 + 62,6 = 121,9 \text{ Вт} \quad (3.181)$$

$$4) \text{ tranzistorlar uchun } P_{\text{mp}} = 4 P_{\Sigma} = 4 \cdot 124,9 = 487,6 \text{ Вт} \quad (3.182)$$

8- BOSQICH. Quvvat diodlaridagi yo'qotishlarni hisoblash

1) diodlardagi dinamik yuqotishlar vattlarda:

$$P_{\text{дин}} = 1,2 \cdot I_{\text{н}} \cdot 0,6 \cdot U_{\text{2M min}} \cdot t_{\text{vst}} \cdot f \cdot 10^{-3}, \quad (3.183)$$

bunda, f – kilogerslarda; t_{vst} –diodni teskari qarshiligini qayta tiklanish vaqti, 0,5 mks teng.

$$P_{\text{дин}} = 1,2 \cdot 77,3 \cdot 0,6 \cdot 492 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 136,9 \text{ Вт}. \quad (3.184)$$

2) To'g'irlovchi dioddagi statistik yo'qotishlar:

$$P_{\text{ст}} = \Delta U_{\text{VD1}} I_{\text{н}} \gamma_{\text{max}}, \quad (3.185)$$

bu erda, ΔU_{VD1} – VD1 ochiq diodda yuklama toki oqib o'tayotganidagi kuchlanish.

$$P_{\text{ст}} = 0,8 \cdot 77,3 \cdot 0,45 = 27,8 \text{ Вт}. \quad (3.186)$$

3) VD1 diodida jami yo'qotishlar:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{дин}} + P_{\text{ст}}, \quad (3.187)$$

$$P_{\Sigma} = 136,9 + 27,8 = 164,7 \text{ Вт}. \quad (3.188)$$

To'rtta diodlardagi jami yo'qotishlar quyidagiga teng:

$$P_{\Sigma} = 4 P_{\Sigma} = 4 \cdot 164,7 = 658,8 \text{ Вт}. \quad (3.189)$$

9- BOSQICH. ISN quvvat qismi va butun ISN uchun FIK hisoblash

1) ISN da quvvat qismini tarkibini hisobga olib, jami quvvat yo'qotishlar (vattlarda):

$$P_{\text{н}} = P_{\Sigma} + P_{\text{mp}} + P_{\text{VD}} + P_{\Sigma \text{оп}}, \quad (3.190)$$

$$P_{\text{н}} = 305,2 + 487,6 + 658,8 + 10 = 1461,6 \text{ Вт}. \quad (3.191)$$

2) ISN quvvat qismidagi FIK (foizlarda):

$$\eta_{c.z.} = \frac{P_n}{P_n + P_n} \cdot 100 \% , \quad (3.192)$$

$$\eta_{c.z.} = \frac{17}{17 + 1,46} \cdot 100 \% = 92 \% . \quad (3.193)$$

3) ISN FIK:

$$\eta_{H.C.H.} = \frac{P_n}{P_n + P_n + P_{nompuy}} \cdot 100 , \quad (3.194)$$

$$\eta_{H.C.H.} = \frac{17}{17 + 1,46 + 0,34} \cdot 100 \% = 90 ,4 \% . \quad (3.195)$$

Nazorat savollari

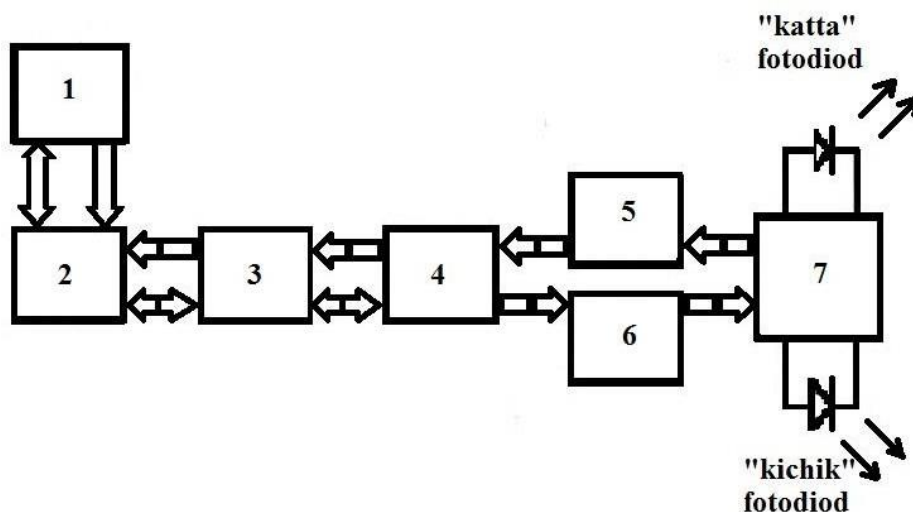
1. Inverter va Quyosh batareyasi nima?
2. Transformatorning tuzilishi va ishlashi.
3. Yuksaltiruvchi transformator.
4. Pasaytiruvchi transformator.
5. Transformatorlarda energiyaning aylanishi.
6. Transformatsiya koeffitsienti.
7. UPS larda solishtirma og'irlik, va nima uchun bu muhim ekan?
8. Men qanday hajmi UPS tanlash kerak?
9. Curabitur commodo Magna ultrices nima?
10. Bir kuch Konverter nima?
11. Kvadrat to'lqin (puls) va sinusoidal inverterlar.
12. Qanday qilib sifatli inverter va batareya tanlash kerak?

IV. BOB. FOTOELEKTRIK STANSIYADA ELEKTR ENERGIYANI YIG'ISH VA UZATISHDA SAMARADORLIGI XISOBLASH

4.1. Fotoelektrik stansiyalardagi akkumulyatorlarni zaryadlash-razryadlash qurilmasi

Akkumulyatorni nominal kuchlanishini «zaryad-razryad» darajasini aniklovchi qurilma hisoblanishini ko'rib chikamiz.

Akkumulyator batareyalarining kuchlanishini nazoratini hisoblash uchun quyidagipi blok-sxema taklif qilinadi. Uning prinsipial sxemasi (4.1-rasm) va hisoblash metodikasi keltirilgan.



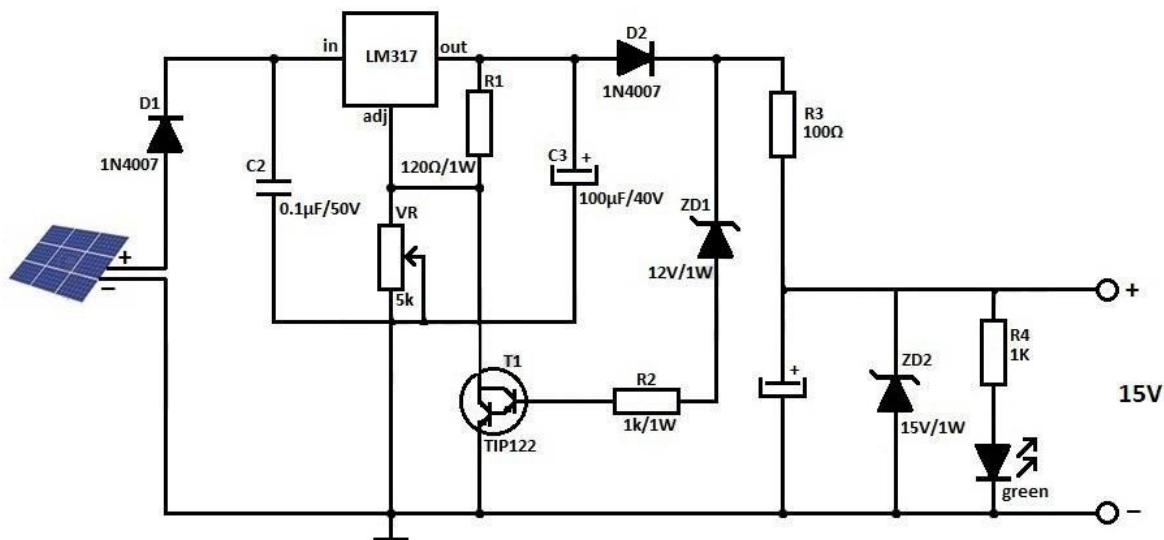
4.1-rasm. Akkumulyator batareyalari zaryadini nazorat qilish qurilmasining blok-sxemasi

1-kammukasion kuchlanish regulyatori; 2-akkumulyator; 3-stalibizator;
4-kuchlanishni taqsimlagich; 5-katta usilitel; 6-kichik usilitel;
7-akkumulyator batareyasini zaryadlash qurilmasi.

Ma'lumki, 12 voltlik akkumulyator klemmalaridagi 10,2 voltga teng kuchlanishda akkumulyator razryadlangan hisoblanadi; 14,4 V kuchlanishda u zaryadlangan hisoblanadi.

Shularni aniqlash uchun, juftlangan K140UD 2 operatsion kuchaytirgich bazasida yig'ilgan, ikkita komperator xizmat qiladi (4.2-rasm) DA1-1 va DA1-2. Qurilma shu akkumulyatordan quvvat oladi. Akkumulyatorni kuchlanish datchigi bo'lib, akkumulyatorni o'zi xizmat qiladi. R5, R6 kuchlanishni buluvchilar akkumulyator kuchlanishini ikkiga bo'ladi. Qurilmaning kuchlanish manba'si:

$U_{akk} < 10,2 \text{ V}$ va $U_{akk} > 14,4 \text{ V}$ bo'lib, VD1, R1, C1 elementlarida yig'ilgan parametrik stabilizator xizmat qiladi (4.2-rasm). Stabillashgan kuchlanish kichik ostonadan past qilib tanlanadi (akkumulyator razryadlangan hisoblanadi).



4.2-rasm. Akkumulyator batareyalari zaryadini nazorat qilish kurilmasining prinsipial sxemasi.

Stabilizatorni xisoblaymiz. VD1 sifatida texnik parametrlari $U_{st}=8,2 \text{ V}$ – stabil kuchlanishi; $I_{st \min}=1 \text{ mA}$ – stabil minimal toki. Agarda $I_{st}=5 \text{ mA}$; $U_{ct}=8,2 \text{ V}$ va stabil maksimal toki $I_{ct \max}=96 \text{ mA}$ bo'lsa, 2S482 A turdagi stabilitron tanlaymiz.

R1 qarshilikni hisoblash uchun, $U_{\min \text{ akk}} \leq 10,2 \text{ V}$, quyidagilarni tanlaymiz:

$$U_{\min \text{ akk}} = 10 \text{ B}; U_{ct} = 8,2 \text{ B}; I_{ct \min} = 5 \text{ mA} \quad (4.1)$$

$$R1 = \frac{U_{\min \text{ akk}} - U_{ct}}{I_{ct \min}} = \frac{10 - 8,2}{5 \cdot 10^{-3}} = 360 \text{ O}60 = 0,36 \text{ k}36 \quad (4.2)$$

Zaryadlangan akkumulyatorni $U_{\max \text{ akk}}=14,4 \text{ V}$ kuchlanishida, stabilitronni ruxsat etilgan chegaraviy parametrlarini oshib ketmasligini tekshiramiz.

$$I_{cm} = \frac{U_{\max \text{ akk}} - U_{ct}}{R1} = \frac{14,4 - 8,2}{360} = 0,0172 \text{ (A)} = 17,2 \text{ (mA)} \quad (4.2)$$

$I_{st} < I_{ct \max}$; $17,2 \text{ mA} < 96 \text{ mA}$ bo'lganligi uchun, ruxsat etilgan parametrlar oshmas ekan. Binobarin, stabilitron tugri tanlangan.

Stabilitronni tanlashda, talab qilingan stabil kuchlanish qiymatida, stabil maksimal tok katta bo'lmashligini hisobga olish kerak.

Mavjud adabiyotlar bo'yicha talab qilingan DA1 mikrosxemani tanlaymiz. Hozirgi holatda K140UD20 turdagi mikrosxema-operatsion kuchaytirgich tanlandi. I_{kir} kiruvchi va I_{chiq} chiquvchi tok tanlangan mikrosxema uchun: $I_{kir}=0,2$ mA; $I_{chiq}=20$ mA. (4.3)

10,2 V i 14,4 V kuchlanishlarni tayanch qiymatlari kurulmasi uchun uzaytirgich orqali o'tayotgan tok quyidagicha topiladi. Ko'pincha uzaytirgich orkali tok kelib tanlanadi,

$$I_D \geq (2 \div 4) \cdot I_{yuk}, \quad (4.5)$$

bu erda, I_{yuk} – yuklama orqali o'tadigan tok; A

I_D – delitel orqali o'tadigan tok, A

Qaralayotgan xolat uchun $I_{nagr} = I_{vx}$, demak

$$I_D \geq (2 \div 4) \cdot 0,2 \geq 0,4 \div 0,8 \text{ mA}. \quad (4.6)$$

Bo'linuvchi tokini $I_{d1}=1$ mA qilib tanlaymiz.

Bo'linuvchini R2, R3, R4 qarshiliklarini aniqlaymiz.

Om qonuniga asosan:

$$R_{d1} = \frac{U_{om}}{I_{d1}} = \frac{8,2}{1} = 8,2 (\kappa OM) . \quad (4.7)$$

Ilgari aniqlanganiday, akkumulyator kuchlanishi R5 va R6 rezistorlari orqali ikkiga bo'linadi. R5, R6 ikkiga bo'luvchilar bo'lsin, unda yuqorida bayon qilinganidek $R_{d2} \geq 1$ mA bo'lishi kerak. $U_{min \text{ akk}}$ ma'lum qiymatida quyidagiga ega bo'lamiz;

$$R_{d2} = \frac{10}{1} = 10 (\kappa OM) . \quad (4.8)$$

Zaryadlangan akkumulyatorni kuchlanishida

$$I_{d2} = \frac{U_{\max \text{ akk}}}{R_{d2}} = \frac{14,4}{10 \cdot 10^{-3}} = 0,00144 (A) = 1,44 (mA) , \quad (4.9)$$

bu $> (2 \div 4)I_{yuk}$.

R5 va R6 qarshiliklar o'zaro teng. Akkumulyator kuchlanishi bo'linganida $R5=R6$, shuning uchun;

$$R_5 = R_6 = \frac{10}{2} = 5 (\kappa Om) . \quad (4.10)$$

Yaqin nominal, $I_d \geq (2 \div 4) \cdot I_{yuk}$, teng 4,7 kOm bajarilishi uchun.

Shundan kelib chiqib, $R_5 = R_6 = 4,7 kOm$.

Akkumulyatordagi kuchlanish 10,2 V dan 14,4 V gacha o'zgarganida bo'linuvchidagi U kuchlanish 5,1 V dan 7,2 V gacha o'zgaradi.

Bo'linuvchiga kiruvchi rezistorlar nominal qiymatini aniqlaymiz. Akkumulyatordagi kuchlanish, yuqorida ko'rsatilgan oraliqlarda o'zgarishi uchun $I_{d1}=1 \text{ mA}$, demak;

$$R_4 = \frac{U_{1 \text{ por.}}}{I_{d1}}, \quad (4.11)$$

bu erda, $U_{1 \text{ por.}}$ - akkumulyatorning razryadlanganidagi kuchlanish, $U_{1 \text{ por.}}=5,1 \text{ V}$ teng.

$$R_4 = \frac{5,1}{1 \cdot 10^{-3}} = 5100 (Om) = 5,1 (\kappa Om) . \quad (4.12)$$

Ikkinchi ostona kuchlanishi $U_{2 \text{ por.}} = 7,2 \text{ V}$, ya'ni

$$R_3 + R_4 = \frac{7,2}{1 \cdot 10^{-3}} = 7,2 (\kappa Om) . \quad (4.13)$$

Shunda,

$$R_3 + R_4 = 7,2, \quad (4.14)$$

$$R_3 = 7,2 \cdot 10^3 - R_4 = 7,2 \cdot 10^3 - 5,1 \cdot 10^3 = 2100 \text{ Om}, \quad (4.15)$$

$$R_2 + R_3 + R_4 = 8,2 \text{ kOm}, \quad (4.16)$$

$$R_2 = R_{D1} - (R_3 + R_4) = 8,2 - 7,2 = 1 \text{ kOm}. \quad (4.17)$$

Agar R_6 rezistorida kuchlanishi tayanchdagidan va R_4 dagi stabil kuchlanishidan past bo'lsa, DA1-2 invertlaydigan komperator chiqishida ta'minlovchi $+U_{st}$ kuchlanish ishtirok etadi va VD2. VD2 fotodiodlar yorug' berib turadi hamda tokni chegaralovchi rezistor R_9 orqali ulanadi. Ma'lumotlar manba'sidan AL102G turdagi qizil rangli, fotodiodni tanlaymiz, maksimal ruxsat etilgan tok 10 mA, qabul qilamiz;

$I_{\max \text{ VD } 2} = 9 \text{ mA}$, bunda,

$$R_9 = \frac{U_{\text{вых DA1-2}} - U_{\text{д}}}{I_{\max \text{ VD2}}}, \quad (4.18)$$

bu erda, $U_{\text{chiq DA1-2}} \approx 10 \text{ B}$ (razryad bo'lgandagi qiymat); $U_D \leq 3 \text{ V}$;

$$R_9 = \frac{10 - 3}{9 \cdot 10^{-3}} = 777 \text{ (OM)} = 0,777 \text{ (kOM)}. \quad (4.19)$$

Yaqin nominal $R_9 = 820 \text{ Om}$.

Agar R_6 rezistorida kuchlanish tayanchdagidan, R_4 dagi stabildan yuqori bo'lsa, DA1-2 invertlovchi komperator chiqishida ta'minlovchi – U_{st} kuchlanish ishtirok etadi. VD2 fotodiod yoritmayapti.

Agar R_3 rezistorida kuchlanish (tayanch, stabil) R_6 rezistoridagi kuchlanishdan yuqori bo'lsa, unda kuchlanish 5,1+7,2 V oralig'ida, invertlamaydigan DA1-1 komperator chiqishida ta'minlovchi kuchlanish - U_{ist} , VD3 fotodiod yoritmayapti.

Agar R_6 rezistoridagi kuchlanish tayanch, stabil R_3 oshib ketsa, DA1-1 invertlamaydigan komparator chiqishida $+U_{\text{ist}}$ ta'minlovchi kuchlanish ishtirok etadi va fotodiod VD3 yoritadi, R_7 rezistoridan tok o'tadi, uni qiymati R_9 singari hisoblanadi, lekin zaryadlangan akkumulyator uchun kuchlanish qiymati bo'yicha quyidagi ifoda orqali topiladi;

$$R_7 = \frac{14,4 - 3}{9 \cdot 10^{-3}} = 1267 \text{ (OM)} \approx 1,3 \text{ (kOM)}. \quad (4.20)$$

Bundan kelib chiqadiki, akkumulyatoridagi kuchlanish $>10,2 \text{ V}$ va $<14,4 \text{ V}$, bo'lganida DA1-1 chiqish va DA1-2 chiqish o'chirilgan «otkl» holatda bo'ladi, ya'ni bu chiqishlarda ta'minlovchi - U_{ist} darajasi va demak VT1 va VT2 uzilgan rejimda turadi, ya'ni $U_{k \text{ VT1}}$ va $U_{r \text{ VT2}}$ ta'minlovchi U_{ist} teng. R_{14} , R_{16} , R_{17} , bo'luvchilari orqali hamda VD4 va VD5 diodlari orqali tok oqmayapti, shuning uchun VD6, R_{18} , R_{19} zanjiri VT3 tranzistor bilan shunt qilinmaydi va signal beruvchi $U_{\text{akk. nom.}}$ fotodiod yoritmayapti.

VT1; VT2; VT3; VD5; VD6; R8; R10; R13; R14; R15; R16; R17 elementlari «I» mantiqiy funksiyani bajarmoqda (mantiqiy ko‘paytirish funksiyasi).

Shu elementlarning nominallarini topamiz. Buning uchun tranzistorni asosiy nisbatlaridan foydalanamiz;

$$I_k = \beta \cdot I_b,$$

bu erda, I_k - kollektor toki;

I_b – baza toki;

β – teskari bog‘lanish koeffitsienti.

$U_{akk. \max} = 14,4$ V kuchlanishida VT1 va VT2 tranzistor kollektorlari tokini $I_k = 10$ mA qabul qilamiz, bundan R_k ni bo‘yicha,

$$R_k = \frac{U_{\max \text{ akk}}}{I_k} = \frac{14,4}{10 \cdot 10^{-3}} = 1440 \text{ } \Omega = 1,44 \text{ k}\Omega. \quad (4.21)$$

Yaqin nominalni $R_k = 1,5 \text{ k}\Omega$ miqdorda qabul qilamiz. Shuni uchun, $R_{13} = R_{15} = 1,5 \text{ k}\Omega$, unda baza toki I_b va qayerdan R_b qarshilikni hisoblaymiz. Hozirgi holatda KT503V tranzistori to‘g‘ri keladi, ularda $\beta_{\min} = 40$; $I_k = 150 \text{ mA}$; $U_{ke} = 40 \text{ V}$.

$$I_b = \frac{I_k}{\beta} = \frac{10}{40} = 0,25 \text{ mA}. \quad (4.22)$$

R_{10} topamiz. $U_{\min \text{ akk.}} = 10,2 \text{ V}$ bo‘lganda DA1 chiqishida - 1 + $U_{\min \text{ akk.}} = 10,2 \text{ V}$.

bundan,

$$R_{10} = \frac{U_{\min \text{ akk.}}}{I_b} = \frac{10,2}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 40800 \text{ } \Omega = 40,8 \text{ k}\Omega. \quad (4.23)$$

Yaqin standart nominal $39 \text{ k}\Omega$. $R_{10} = 39 \text{ k}\Omega$.

R_8 topamiz, hamda $U_{\max \text{ akk.}} = 14,4 \text{ V}$ bo‘lganida. DA1 chiqishida - 1 + $U_{\max \text{ akk.}}$, bundan

$$R_8 = \frac{U_{\max \text{ akk.}}}{I_b} = \frac{14,4}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 57600 \text{ } \Omega \approx 58 \text{ k}\Omega \quad (4.24)$$

Yaqin standart nominal 56 kOm. R8=56 kOm. VT3 tranzistor sifatida KT502V tranzistori to'g'ri keladi, uning texnik parametrlari: $\beta_{\min}=40$; $I_k=150$ mA; $U_{ke}=40$ V; $U_{be \max}=1,2$ V.

R12; R14; R15; R16; R17 qarshiliklarining qiymatini aniqlaymiz. fotdiod zanjiridagi R16+R17 ballast rezistorni hisoblaymiz. VD6 orqali oqadigan chegaraviy ruxsat etilgan tokdan oshmaslik uchun, $N=1,5$ deb qabul qilamiz. Natijada:

$$U'_{nas.be} = U_{be \max} \cdot 1,5 = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ V.}$$

VD6 orqali oqadigan maksimal to'g'ri tok, shuningdek VD2 va VD3 kabi 9 mA teng.

R16+R17 ballast rezistorm bu formula bo'yicha xisoblanadi:

$$(R16 + R17) = \frac{U_{\max \text{ akk}} - U_{\text{д}}}{I_{\max}} = \frac{14,4 - 3}{9 \cdot 10^{-3}} = 1267 \text{ Ом} \approx 1,3 \text{ kOm} . \quad (4.25)$$

R16=R17 deb shunchaki qabul qilamiz:

$$R16 = R17 = \frac{R16 + R17}{2} = \frac{1300}{2} = 650 \text{ Ом} . \quad (4.26)$$

Yaqin standart rezistor 680 Om, shunda R16=R17=680 Om. Tranzistorni ochiq, to'yingan holatidagi tok $I_{K \max}$ (yoki $I_{k \text{ VT3}}$) VT3 quyidagiga teng:

$$I_{k \max} = \frac{U_{\max \text{ akk}}}{R17} = \frac{14,4}{0,68 \cdot 10^{-3}} = 0,02 \text{ A} = 2 \text{ mA} . \quad (4.27)$$

bundan

$$I_{6 \text{ VT3}} = \frac{I_{k \text{ VT3}}}{\beta} = \frac{21}{40} = 0,525 \text{ mA} . \quad (4.28)$$

Oldin keltirilgan ifoda bo'yicha tok I_d ;

$$I_D > (2 \div 4) \cdot I_{6 \text{ VT3}} > 1,05 \div 2,1 \text{ mA.} \quad (4.29)$$

$U'_{nas.be}=1,8$ V bo'lganda $I_d=2$ mA ni qabul qilamiz. Bu holatda R15 qarshilikka teng:

$$R15 = \frac{U'_{нас \ бэ}}{2} = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ (kOm)} . \quad (4.30)$$

Yaqin standart rezistor R15=910 Om.

Tranzistor VT1 ochiq bo'lganida, $U_{akk \max}=14,4$ V.

Unda $U_{R14+VD4}=U_{akk\ max}-U'_{be\ nas}=14,4-1,8=12,6\ V$.

$$R_{12} = \frac{U_{R14} - U_{VD4}}{I_d} = \frac{12,6 - 0,7}{2 \cdot 10^{-3}} = 5950\ \Omega = 5,95\ k\Omega, \quad (4.31)$$

bu erda, $U_{VD4} \approx 0,7\ V$.

Yaqin standart rezistor 5,9 kOm, ya'ni $R_{12}=5,9\ kOm$.

Tranzistor VT2 ochiq bo'lganida $U_{min\ akk.}=10,2\ V$.

R_{14} qarshilikni aniqlaymiz. R_{14} va $VD5$ dioddagi kuchlanish quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$U_{R14+VD5}=U_{min\ akk}-U'_{be}=10,2-1,8=8,4\ V, \quad (4.32)$$

$$R_{14} = \frac{U_{R14} - U_{VD5}}{I_d} = \frac{8,4 - 0,7}{2 \cdot 10^{-3}} = 3850\ \Omega = 3,85\ k\Omega. \quad (4.33)$$

Yaqin standart rezistor 3,9 kOm, demak $R_{14}=3,9\ kOm$. U_{VD5} va U_{VD4} - kremniy diodlarida kuchlanishni to'g'ridan-to'g'ri tushib ketishi, 0,7 V teng. $VD4$ va $VD5$ diodlar sifatida KD522A turdagi kam quvvatli kremniy diodlarini tanlash mumkin.

Filtr kondensatorini ixtiyoriy tanlaymiz, K50-29 – turdagi elektrolitik kondensator sig'imi 470 mkF kuchlanish 16 V. Kondensator tanlashda undagi kuchlanish kondensator ulanayotgan kuchlanishdan kattaroq bo'lishi kerak.

Fotoelektrik stansiyalarda ishlab chiqarilgan elektr energiyani uch fazali tizimga ulash

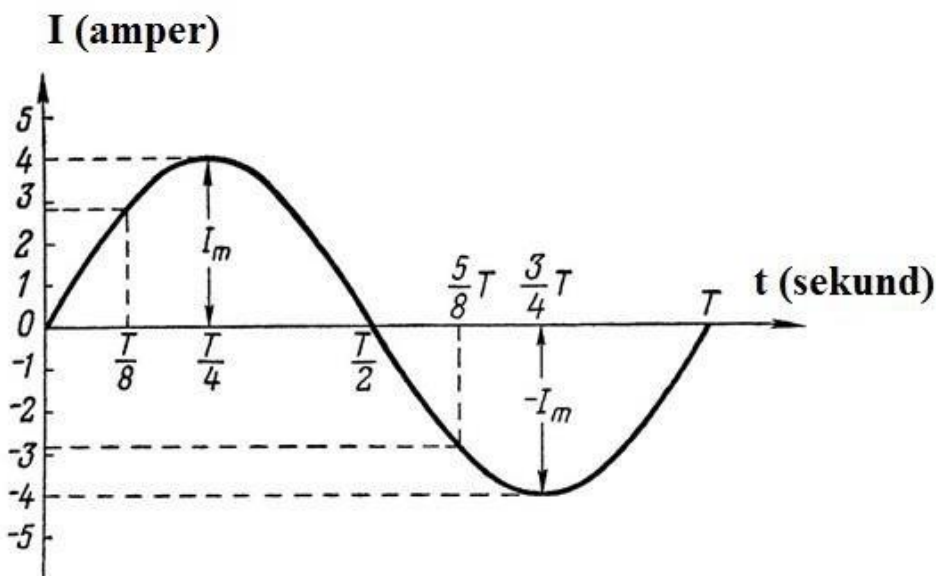
O'zgaruvchan tok va kuchlanishlarning amplitudasi, chastotasi va fazasi yo'nalishi va kattaligi davriy ravishda o'zgarib turuvchi EYUK, tok va kuchlanish o'zgaruvchan EYUK, tok va kuchlanish deb ataladi. Vaqt bo'yicha sinusoidal qonuniyat bilan o'zgaruvchan EYUK, tok va kuchlanish sinusoidal EYUK, tok va kuchlanish deb ataladi. O'zgaruvchan tok quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i) \quad (4.34)$$

bunda, i - tokning oniy qiymati, I_m – tokning maksimal (amplituda) qiymati; ω - burchak chastota; ψ_i - boshlang'ich faza ya'ni fazaning $t = 0$ paytidagi qiymati. 4.3–rasmda o'zgaruvchan tokning yoki to'lqin diagrammasi keltirilgan.

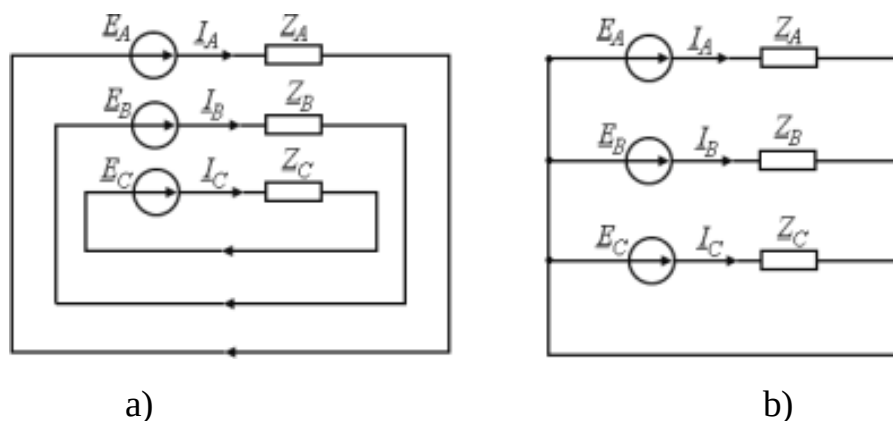
Davr T – bu muayyan vaqt oralig‘i bo‘lib, tokning o‘zgarishi takrorlanadi, ya’ni bunda to‘liq bitta to‘lqin o‘zgarishi kuzatiladi. Bir sekunddagi davrlar soni chastota f deb ataladi. $f=1/T$.

$\Omega=2\pi f=2\pi/T$ -o‘zgaruvchan tokning burchak chastotasi rad/sek yoki sek⁻¹ da o‘lchanadi. Sinusning argumenti, ya’ni $(\omega t+\psi_i)$ kattalik faza deb ataladi.



4.3 – rasm. O‘zgaruvchan tokning yoki to‘lqin diagrammasi

Uch fazali tizimlar. Uch fazali sinxron generator Bir xil chastotali va fazalari bo‘yicha o‘zaro siljigan o‘zgaruvchan EYUK lar ta’sirida bo‘lgan uchta zanjirlar majmuasi o‘zgaruvchan tok uch fazali tizimlar deb ataladi. Agar uch fazali tizimni hosil qiluvchi zanjirlar elektr jihatdan o‘zaro ulanmagan bo‘lsa, u holda bunday tizim bog‘lanmagan uch fazali tizim deb ataladi (4.4.a-rasm). Amaliyotda, ko‘pincha, bog‘langan uch fazali tizimlar qo‘llaniladi. Bunda toklarni manba’ga qaytishi uchun uchta emas, balki ko‘pi bilan bitta simdan foydalaniladi (4.4 b-rasm).



4.4-rasm. Uch fazali tizimni hosil qiluvchi zanjir sxemasi

Uch fazali tizimlarni birinchi bo‘lib mashhur rus olimi M.O.Dolivo-Dobrovolskiy (1862-1919) yaratgan. 1891 yilda bu olim uch fazali tizimlarning barcha bo‘g‘inlari–generator, transformator va motorlarni ishlab chiqqan. Uch fazali tok elektr energiyasi uch fazali sinxron generatorlar yordamida ishlab chiqariladi. Bu generator asosan ikkita qismdan - qo‘zg‘almas stator (1) va aylanuvchan rotor (2) dan iborat bo‘ladi.

Uzluksiz elekt ta‘minoti manba‘lari elektr vositalari zarurat holatlarda ma‘lum vaqtda elektr energiyasi bilan uzluksiz ta‘minlanishi kerak. Ushbu maqsadda, turli xil uzluksiz elektr ta‘minoti manba‘lari (UETM) qo‘llaniladi. Xorijda UETMlarni belgilashi uchun UPS abbreviaturasidan foydalaniladi (Uninterruptable Power Supply). Chiqish tokining turiga qarab, UETMlar o‘zgaruvchan va o‘zgarmas tok UETMlariga bo‘linadi. UETMning yuklama bilan moslashtirish talabi UETM chiqishidagi elektr energiyasining sifat ko‘rsatkichlari bilan belgilangan. Bunday talablarga chiqish kuchlanishining nostabilligi va pulsatsiyasining qiymatlari, chiqish tokining o‘zgarish diapazoni, chiqish tokining qiymati va chastotasining nostabilligi kiradi. UETM qurilmasining yuklamasi telekommunikatsion vosita hisoblanadi va bu vosita kirishiga ta‘minot manba‘i qo‘yiladi. O‘zgaruvchan tok tarmoqlarida, ko‘pincha ta‘minot manba‘i kirish zanjirida sig‘im filtrli rostlanmaydigan to‘g‘rilagich bo‘ladi. Shuning uchun ular iste‘mol qiladigan tok shakli sinusoidal shakldan farq qiladi. Yuklama tomonidan chiziqli va nochiziqli yuklamalar uchun chiqish kuchlanishi garmonikalar

koeffitsientlarining berilgan qiymatlarini saqlash talabi UETM qurilmasiga qo'yiladi.

UETM qurilmasining tarmoqqa nisbatan ta'siri uning kirishidagi elektr energiyasining sifatiga talabi orqali aniqlanadi. Bu talablar UETMlar kirishidagi quvvat koeffitsienti bilan bog'liq va ular iste'mol qiluvchi tokning nosinusoidlik koeffitsientini bildiradi. Qabul qilingan atama bo'yicha UETM qurilmalari ikki sinfga ajratiladi: off line va on line. Offline sinfidagi qurilmada tarmoqning elektr energiyasi to'g'ridan-to'g'ri istemolchiga normal rejimda beriladi, avariya rejimida esa, sinusoidal kuchlanish generatori ulanadi (2.10 ms). Online sinfidagi qurilmada tarmoqning har qanday rejimida yuklamaga chastota, kuchlanish va sinusoidal shakl bo'yicha stabil elektr energiyasi beriladi. Har ikkala turdagi UETMlarda tarmoq to'g'rilangan kuchlanishini sinusoidal chiqish kuchlanishiga aylantiruvchi inverterlar bor. Tarmoq to'g'rilagichiga akkumulyator batareyasi ulanadi. Off line sinfidagi UETMlarda inverter faqat tarmoq kuchlanishi talab qilingan qiymatdan kichik bo'lganda ulanadi. On line turdagi UETMlarda esa inverter doimo ishlaydi.

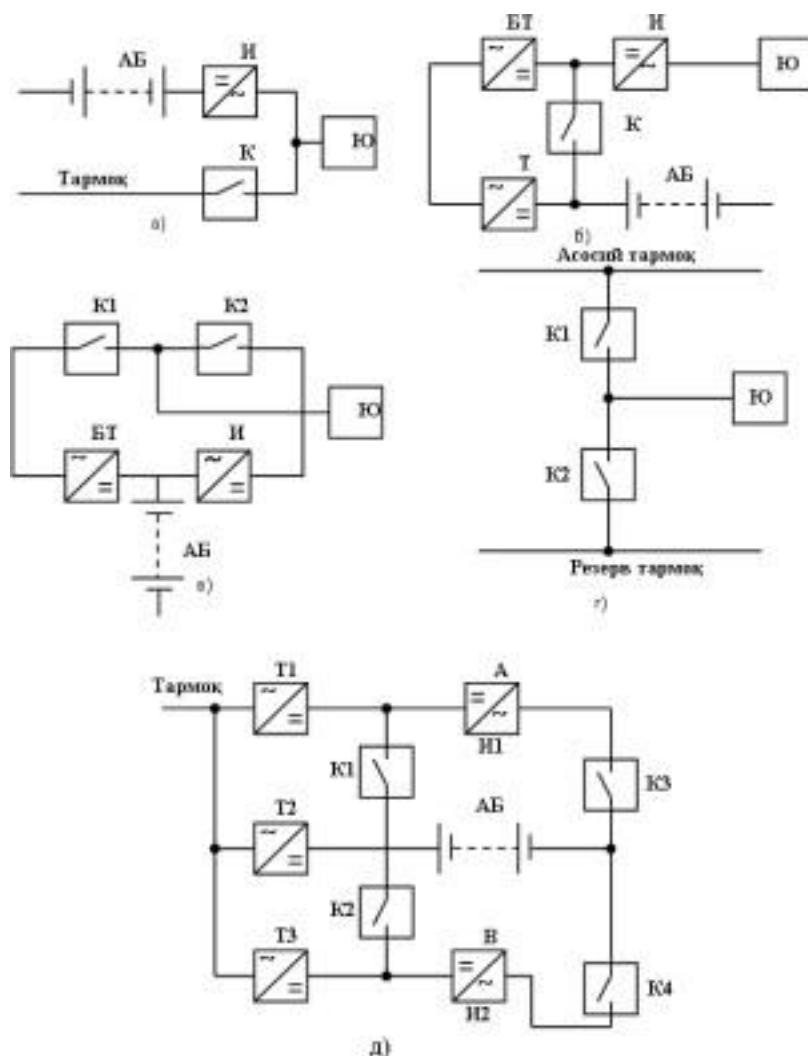
Shu sababli, bunda tarmoq bilan galvanik bog'lanish ortiqcha yuklamalardan va tarmoq kuchlanishining keskin o'zgarishidan himoyalash ta'minlanadi. 46 va 47 - rasmlarda o'zgaruvchan va o'zgarmas tok UETMlari qurilmalarining tuzilish sxemalari keltirilgan. 46.a-rasmdagi sxemada zaxira zanjirini akkumulyator batareyasi (AB) va inverter (I) tashkil qiladi. Agar tarmoq kuchlanishi o'rnatilgan chegaralarda bo'lsa, u holda yuklama elektr energiyasini kommutator (K) orqali o'zgaruvchan tok tarmog'idan oladi. Bu holda inverter akkumulyatorlarini zaryadlash orqali to'g'rilagich rejimida ishlaydi. Tarmoq kuchlanishi belgilangan qiymatidan kamaysa, kommutator tarmoqni yuklamadan uzadi.

Yuklamaga elektr energiyasi inverter orqali akkumulyator batareyasidan beriladi. 4.5.b-rasmda tasvirlangan qurilmada normal elektr ta'minotida yuklamaga elektr energiyasi tarmoqdan ketma-ket ulangan boshqariluvchi to'g'rilagich (BT) va inverter (I) orqali beriladi. Bunda kommutator uzilgan holatda va akkumulyator batareyasi tarmoqdan (T) to'g'rilagich orqali zaryadlanadi. Tarmoq kuchlanishi talab qilingan qiymatdan kamayganda kommutator akkumulyator batareyasini

invertorga ulaydi. 4.5v-rasmda tasvirlangan sxemada akkumulyator batareyasini zaryadlash boshqariluvchi to'g'rilagich (BT) orqali amalga oshiriladi. Yuklamaga tarmoqdan elektr energiyasi berilganda K1 kommutator ulangan, K2 kommutator esa uzilgan bo'ladi. Elektr ta'minoti akkumulyator batareyasiga o'tganda K1 kommutator uziladi, K2 kommutator ulanadi.

4.5.v-rasmda tasvirlangan sxemada akkumulyator batareyasini zaryadlash BT boshqariluvchi to'g'rilagich orqali amalga oshiriladi. Yuklamaga tarmoqdan elektr energiyasi berilganda, K1 kommutator ulangan va K2 kommutator esa uzilgan bo'ladi. Elektr ta'minoti akkumulyator batareyasiga o'tganda K1 kommutator uziladi, K2 kommutator ulanadi. 4.5.g-rasmda ikkita asosiy va zaxira tarmoqqa ega bo'lgan UETM sxemasi keltirilgan. Normal elektr ta'minotida K1 kommutator ulangan, K2 kommutator uzilgan bo'lib, yuklamaga kuchlanish asosiy tarmoqdan beriladi. Asosiy tarmoq kuchlanishi talab qilingan qiymatdan kamayganda kommutatorlar qayta ulanadi va yuklama zahira tarmog'iga ulanadi. 4.5.d-rasmda tasvirlangan UETM sxemasi katta yuklama quvvatlarida qo'llaniladi. I1 va I2 invertorlar chiqish sinfi kuchlanishlarini bir xil parametrlariga ega bo'lib, ular K3 va K4 kommutatorlarning parallel ishlashiga mos ulanadi.

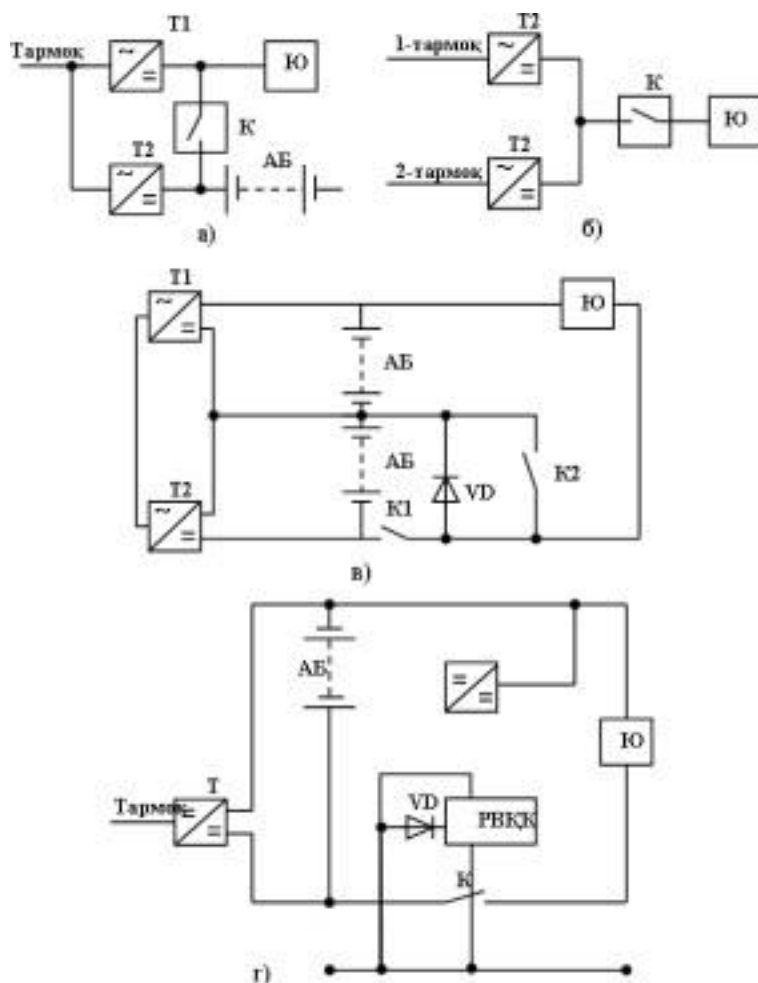
Normal elektr taminotida K1 va K2 komutatorlar uzilgan holatda bo'ladi, akkumulyator batareyasi T2 to'g'rilagichdan zaryadlanadi. Y yuklamaga esa elektr energiyasi T1 va T3 to'g'rilagichlardan I1 va I2 invertorlar orqali beriladi. Tarmoq kuchlanishi o'rnatilgan qiymatdan kamayganda K1 va K2 kommutatorlar ulanadi va elektr ta'minoti I1 va I2 invertorlar kirishiga ulangan AB akkumulyatorlar batareyasi orqali amalga oshiriladi.



4.5- rasm. O'zgaruvchan tok UETMlarining tuzilish sxemalari

Agar invertorlardan biri ishdan chiqsa, masalan I1 invertor ishdan chiqsa, u holda K3 kommutator avariya zanjirini uzadi va kuchlanish yuklamaga ikkinchi invertordan beriladi. 4.5.a-rasmda tasvirlangan o'zgaruvchan tok UETMi sxemasida normal elektr taminotida Yu yuklama AB akkumulyator batareyasidan uzilgan (K kommutator uzilgan) va u elektr energiyasini tarmoqdan T1 to'g'rilagich orqali oladi. Tarmoqda avariya rejimi bo'lganda K kommutator Yu yuklamani AB akkumulyator batareyasiga ulaydi. Ikki o'zaro bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchan tok tarmog'i bo'lganida (4.5.b-rasm) UETM T1, T2 to'g'rilagichlardan va K kommutatordan iborat bo'ladi. Bunda, K kommutator avariya rejimida himoya funksiyalarini bajaradi. UETM tarkibidagi AB akkumulyator batareyasi seksiyali

tarzda bajarilishi mumkin, ya'ni u AE asosiy elementlardan va QE qo'shimcha elementlardan tashkil topadi (4.6.v-rasm).



4.5-rasm. O'zgaras tok UETMlarining tuzilish sxemalari

Normal ish rejimida AE asosiy elementlar tarmoqdan T1 to'g'rilagich orqali, QE qo'shimcha elementlar esa T2 to'g'rilagich orqali zaryadlanadi. Bunda, K1 kommutator ulangan, K2 kommutator esa uzilgan holatda bo'ladi. Yuklamaga elektr energiyasi tarmoqdan T1 to'g'rilagich orqali beriladi. Tarmoq kuchlanishi talab qilingan qiymatdan kamayganda, K2 kommutator uziladi, K1 kommutator ulanadi va yuklamaga kuchlanish ketma-ket ulangan asosiy va qo'shimcha elementlardan beriladi. UETMning o'tish rejimlarida chiqish kuchlanishini stabillash uchun rostlovchi volt qo'shuvchi qurilmalar ishlatiladi (4.5g-rasm). Rostlovchi volt qo'shuvchi RVVQ qurilma akkumulyator batareyasi kuchlanishni rostlanuvchi o'zgaras kuchlanishiga aylantiradi. Normal rejimda T to'g'rilagich

K kommutator orqali elektr energiyasini yuklamaga uzatadi va bir vaqtning o'zida AB akkumulyator batareyasini zaryadlaydi. Tashqi elektr ta'minoti uzilganda K kommutator uziladi va bir vaqtning o'zida RVQQ ulanadi. RVQQ akkumulyator batareyasi zaryadsizlanishidagi yuklamadagi kuchlanishning kamayishini stabillashni ta'minlaydi. Uzluksiz kommutatsiyalanishga xizmat qiluvchi VD2 diod RVQQning kuchlanishi orqali yopiladi. Tashqi elektr ta'minoti ishga tushganda T to'g'rilagich tokni stabillashtirish rejimida ulanadi va yuklamani, shuningdek AB akkumulyator batareyasini zaryadlash uchun elektr energiyasi bilan ta'minlaydi. AB akkumulyator batareyasini zaryadlash tugagandan so'ng T to'g'rilagich kuchlanishni stabillash rejimiga o'tadi va UETM dastlabki holatiga qaytadi. RVQQning qo'llanilishi akkumulyator chiqish kuchlanishining o'zgarishini kompensatsiyalash imkoniyatini beradi. UETMning tarmoqdan AB akkumulyator batareyasiga o'tgandagi ish vaqti uning yuklanishiga sezilarli bog'liq. 4.1-jadvalda ARS firmasinig turli UETMlarmodellari ish vaqtining yuklama quvvatiga bog'liqligi keltirilgan.

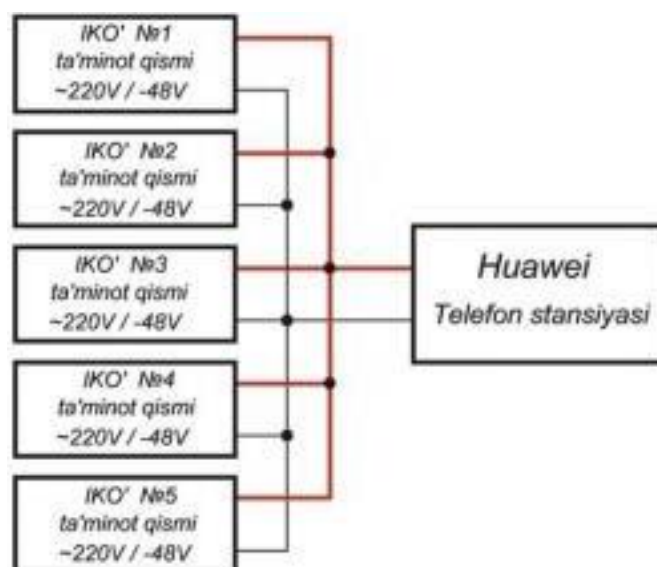
Aloqa sohasining elektr ta'minoti. Aloqa sohasining faoliyatida turli telekommunikatsiya apparatlari (ma'lum sig'imli telefon stansiyalari, serverlar, kommutatorlar va boshqalar)dan foydalaniladi. Bunday qurilmalar doimiy ishchi holatida bo'ladi va uzluksiz elektr manbasi bilan ta'minlanishi zarur. Telekommunikatsiya apparatlari uchun birlamchi manba'i ta'minoti sifatida elektr tarmog'idan foydalaniladi. Elektr energiyasining ikkilamchi manba' ta'minoti sifatida akkumulyatorlarning zaxiralangan energiyasidan foydalaniladi va shu qatorda dizel generatorlari, shamol generatorlari, quyosh energiyalaridan foydalanish ham mumkin. Elektr tarmog'idan olinadigan elektr energiya yordamida, telekommunikatsiya apparatlari ishlaydi va akkumulyatorlarga energiya zaxirasi yig'iladi.

Ikkilamchi energiya manba'i zaxirasini saqlash uchun, doimiy manba' ta'minoti elektr tarmog'idan olinadi. Elektr tarmog'ida energiya ta'minotining uzilishi yuz berganda telekommunikatsiya apparatlari ikkilamchi manba'i bilan ta'minlanadi. Elektr tarmog'idagi bir fazali o'zgaruvchan 220 V kuchlanishdan

foydalanib, telekommunikatsiya apparatlarini manba' bilan ta'minlash mumkin. Fazalararo o'zgaruvchan 380 V kuchlanishni hosil qiladigan uch fazali elektr tarmog'ining nolga nisbatan har bir fazasidagi o'zgaruvchan 220 V kuchlanishdan foydalanib, umumiy quvvatdagi energiyani telekommunikatsiya apparatlariga ulash, bugungi kunda amaldagi ishlardan biridir.

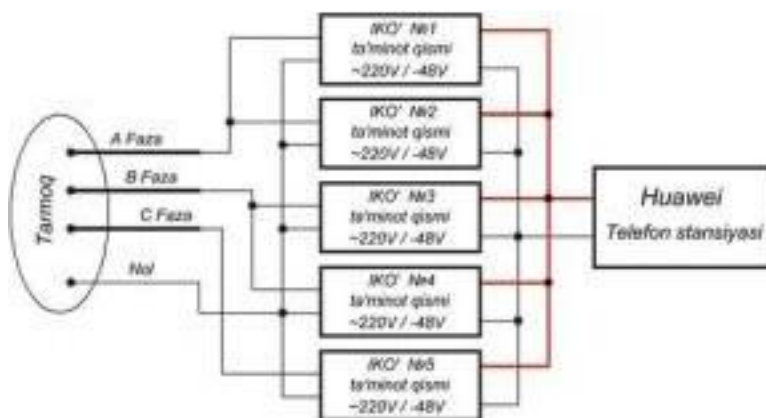
«O'zbektelekom» AKning filiallarida (masalan: Toshkent, Andijon, Surxondaryo, Sirdaryo, Navoiy va boshqa filiallarida) ZTE, Huawei nomli avtomat telefon stansiyalari mavjud va bu stansiyalar o'zgarmas -48V kuchlanish bilan ishlaydi. Telefon stansiyasini manba' bilan ta'minlash uchun, elektr tarmog'idagi o'zgaruvchan 220 V kuchlanishdan foydalaniladi. Buning uchun o'zgaruvchan 220 V kuchlanishni, o'zgarmas 48 V kuchlanishga o'zgartiradigan, impulsli kuchlanishni o'zgartirgich(IKO')lar manba' ta'minoti sifatida ishlaydi. IKO'larning o'zgaruvchan 220 V kuchlanishga ulanadigan klemmalari, kirish klemmalari deyiladi. Stansiyaga o'zgarmas 48 V kuchlanish uzatadigan klemmalari, chiqish klemmalari deyiladi. Umumiy iste'mol quvvati P bo'lgan Huawei telefon stansiyasini manba' bilan ta'minlash uchun, har birining umumiy chiqish quvvati $0,2P$ bo'lgan beshta IKO' qurilmalaridan foydalanilgan. Telefon stansiyasining 48 V kuchlanish ulanadigan kirish klemmalariga, IKO'ning 48 V kuchlanish beradigan chiqish klemmalari ulangan. Stansiyaning zaruriy iste'mol quvvati P ni, chiqish quvvati $0.2 P$ bo'lgan IKO'lar yordamida tashkil qilish uchun, IKO'larning chiqish klemmalari parallel ravishda ulangan (4.6-rasm).

IKO'lar, o'zgaruvchan 220 V kuchlanishli bir fazali elektr tarmog'iga ulanishga mo'ljallangan. Iste'molchilarga elektr tarmog'idagi kuchlanishning belgilangan me'yorda bo'lishiga hech bir tashkilot tomonidan kafolat berilmaydi, shu sabab telefon stansiyasini me'yoriy bir fazali o'zgaruvchan 220 V kuchlanish bilan ta'minlashning imkoni yo'q. Telefon stansiyasi uchun uch fazali elektr tarmog'idan foydalanish, tarmoqdagi energiya uzilishlari vaqtidagi kamchiliklarni qisman to'ldirishi mumkin, ya'ni A, V, C fazalardan birortasida kuchlanish qisqa vaqt bo'lmaganda, boshqa fazalarning birida kuchlanish mavjudligi saqlanishi mumkin.



4.6-rasm. IKO'larning chiqish klemmalari parallel ravishda ulanganlik xolati.

Demak A, V, C fazalardan birida kuchlanish qisqa muddat bo'lmaganda ham telefon stansiyasi birlamchi energiya bilan ta'minlanadi. Huawei telefon stansiyasini beshta IKO' qurilmalari yordamida uch fazali elektr tarmog'iga ulash uchun dastlab, ikkita IKO'ning kirish klemmalari parallel ravishda, A fazaga ulanadi. V fazaga keyingi esa ikkita IKO'ning kirish klemmalari parallel ravishda ulanadi. Oxirgi beshinchi IKO'ning kirish klemmasi C fazaga ulanadi (4.7-rasm).

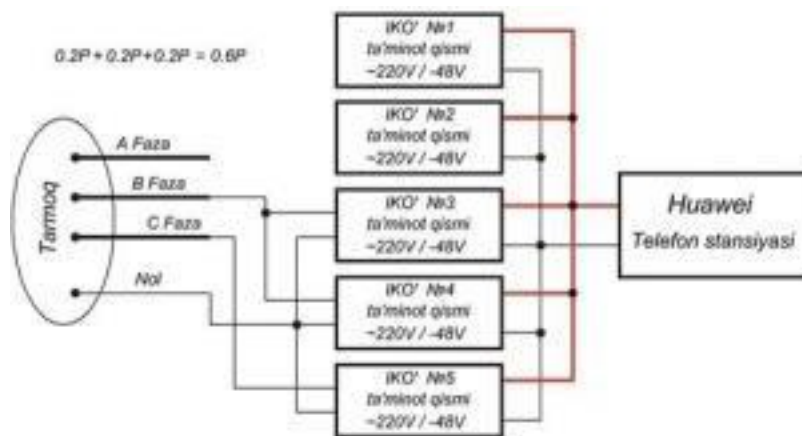


4.7-rasm. Huawei telefon stansiyasini beshta IKO' qurilmalari yordamida uch fazali elektr tarmog'iga ulanishi

Bunday ulanishlar ko'p turdagi telekommunikatsiya apparatlari va telekommunikatsiya apparatlari uchun xizmat qiladigan ikkilamchi energiya

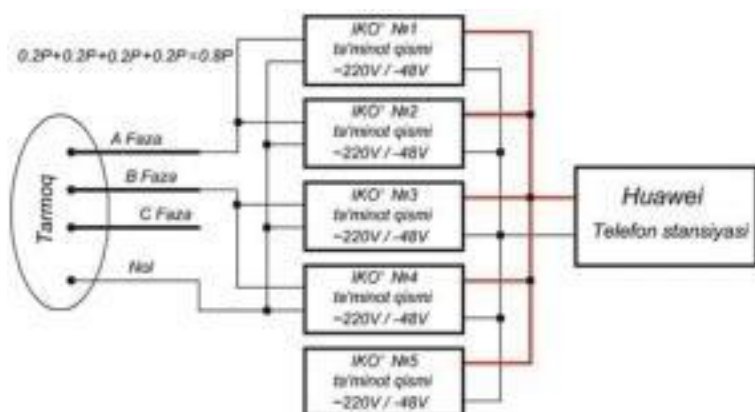
ta'minoti (UPS) qurilmalariga tegishlidir. Bugungi kunda aholiga aloqa sohasida kam xarajatli bo'lgan sifatli xizmat ko'rsatish, sohaning dolzarb vazifalaridan hisoblanadi. Tasodifiy holatlarga ko'ra telekommunikatsiya apparatlarining ishdan chiqishi, xizmat sifatining pasayishiga olib keladi va albatta ishdan chiqqan qurilmalarni tezkorlik bilan foydalanishga tayyorlash soha xodimlaridan qo'shimcha mehnatni talab qiladi. Bu esa ortiqcha muammo, vaqt va xarajatlarni yuzaga keltiradi.

Har bir ishlab chiqaruvchi korxonalar o'zlari ishlab chiqargan IKO' uchun kirish kuchlanishining me'yorini belgilaydi (kirish kuchlanishi 220 V $\pm 10\%$, $\pm 15\%$, $\pm 20\%$, $\pm 25\%$). Belgilangan me'yorda bo'lmagan kuchlanish IKO' ning ishdan chiqishiga olib keladi. Uch fazali elektr tarmog'ining barcha fazalaridagi kuchlanish, IKO' larning ishlashi uchun me'yorda bo'lganida, har birining quvvati 0.2P bo'lgan beshta ta'minot qismi, telefon stansiyasini P quvvatdagi energiya bilan muammosiz ta'minlaydi. Agar faqat A fazada kuchlanish me'yordan oshib ketsa, u holda A fazaga ulangan ikkala IKO' larning elementlari katta tok oqimiga bardosh bera olmay, kuyib ishdan chiqadi. A fazadagi kuchlanish me'yordan kamayib ketishi natijasida, A fazaga ulangan IKO' larning barqarorlashtirish qismi yaxshi ishlamaydi va natijada chiqishdagi kuchlanish oshib ketadi yoki IKO' elementlari kuyib ishdan chiqadi. Bunday holatlarda P quvvatdagi energiya talab qiladigan stansiyani, B va C fazalarga ulangan uchta IKO' lar energiya bilan ta'minlaydi va umumiy IKO' larning quvvati 0.6P ga teng bo'ladi (4.8-rasm).



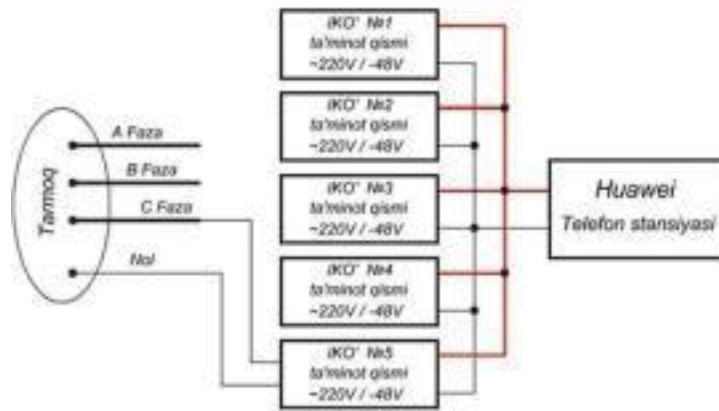
4.8-rasm. Uchta IKO'lar energiya bilan ta'minlaydigan umumiy IKO' larning quvvati 0.6P ga teng bo'lgan stansiyaning ulanishi

A fazada kuchlanish bo‘lmaganda birinchi va ikkinchi IKO‘lar hech qanday funktsiya bajarmaydi. A fazada bo‘lgan holat B faza uchun ham sodir bo‘lishi mumkin. Agar ish jarayonida faqat C fazada kuchlanish me’yordan oshib ketsa, C fazaga ulangan IKO‘ning elementlari katta tok oqimiga bardosh bera olmay kuyib ishdan chiqadi. C fazada kuchlanish me’yordan kamayib ketishi natijasida, C fazaga ulangan IKO‘ning barqarorlashtirish qismi yaxshi ishlamaydi va natijada chiqishdagi kuchlanish oshib ketadi yoki IKO‘ elementlari kuyib ishdan chiqadi. Mazkur holatlarda P quvvatdagi energiya bilan ta’minlash zarur bo‘lgan stansiyaning, to‘rtta A va B fazalarga ulangan IKO‘lar manba’i bilan ta’minlaydi va umumiy IKO‘larning quvvati $0.8P$ ga teng bo‘ladi (4.9-rasm).



4.9-rasm. Umumiy quvvati $0.8P$ ga teng bo‘lgan IKO‘

C fazada kuchlanish mavjud emasligida sodir bo‘lishi mumkin. Agar ish jarayonida A va B fazalar kuchlanishi me’yordan oshib ketsa, A va B fazalarga ulangan IKO‘ning elementlari katta tok oqimiga bardosh bera olmay, kuyib ishdan chiqadi. A va B fazalar kuchlanishi me’yordan kamayib ketishi natijasida, A va B fazalarga ulangan IKO‘ning barqarorlashtirish qismi yaxshi ishlamaydi va chiqishdagi kuchlanish oshib ketadi yoki IKO‘ elementlari kuyib ishdan chiqadi. Bunda C fazaga ulangan chiqish quvvati $0.2 P$ bo‘lgan bitta IKO‘, P quvvatdagi energiya talab qiladigan telefon stansiyasini manba’ bilan ta’minlaydi (4.10-rasm) va IKO‘ning quvvati, iste’molchi talab qiladigan quvvatdan besh barobar kam $0.2R$ bo‘ladi.

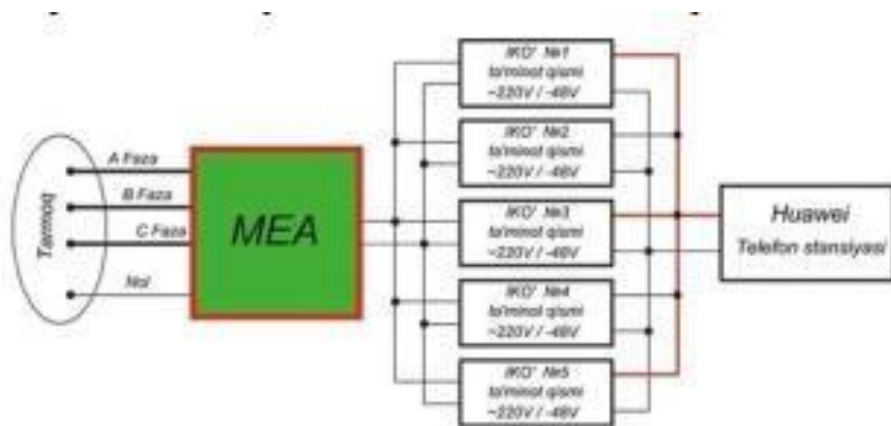


4.10-rasm. Ma'lum quvvatdagi energiya talab qiladigan telefon stansiyasini manba' bilan ta'minlaydi tarmoq Huawei telefon stansiyasi uchun

Faqat C fazaga ulangan IKO' bilan telefon stansiyasini ta'minlash jarayonida to'rtta IKO'ning foydali ish koeffitsienti nolga teng bo'ladi. Demak, yuqoridagi rasmlardan va ta'riflardan xulosa qilinganda A, V va C fazalardan biri yoki ikkitasida kuchlanish me'yori o'zgarsa, IKO'lar ishdan chiqishi mumkin. Fazalardan birida kuchlanish bo'lmaganda, IKO' ortiqcha yuklama ta'sirida qoladi va belgilangan tok oqimidan ko'p bo'lgan tok oqimiga bardosh bera olmay, uzoq vaqt ishlamasdan qizish natijasida elementlari kuyib ishdan chiqadi. Umumiy xulosa sifatida Huawei telefon stansiyasining IKO' manba' ta'minoti qismi, foydalanish vaqtida elektr tarmog'ining me'yorda bo'lmasligi ta'sirida uning elementlari kuyib, ishdan chiqadi va yaroqsiz bo'lib qoladi. IKO' ta'minot qismlari xorijiy davlatlarda ishlab chiqarilgani sabab, bugungi kunda ta'mirlash jarayonida ba'zi muammolarni yuzaga keltirayapti. IKO' larning to'liq chizmalari yo'qligi bitta muammo bo'lsa, ikkinchi muammo uning ishdan chiqqan elementlarini yangisiga almashtirib joyiga o'rnatish, ya'ni IKO' ishdan chiqqanda uning doim bir xil turdagi elementlari (radiodetallari) emas, balki har xil turdagi elementlarning kuyib ishdan chiqishi bilan bog'liq. Bunday vaziyatda tashkilot tomonidan ko'p turdagi radiodetallar zaxirasini tashkil qilish ortiqcha mehnat, ortiqcha vaqt va ortiqcha xarajatlarni talab etadi. Bunday noxush holatlarga chek qo'yish uchun ma'lum xossalarga va algoritmlarga asoslanib ishlaydigan mikroelektron-avtomat qurilmasini yaratish lozim.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti tomonidan fan va texnologiyalarni rivojlantirish, yangi texnikalarni yaratish, ilmiy-texnika salohiyatini kuchaytirish uchun bir qancha qaror va farmonlar e’lon qilingan hamda Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish uchun xizmat qiladigan maxsus fond tashkil qilingan.

Yangi yaratiladigan mikroelektron – avtomat (MEA) telekommunikatsiya apparatlari hamda Huawei telefon stansiyasi ta’minoti qismining (blok pitaniya) elektr tarmog‘i bilan bog‘liq muammolari ilmiy-texnik echim topadi. MEA qurilmasi uch fazali elektr tarmog‘i bilan va bir fazali elektr tarmog‘iga mo‘ljallangan iste’molchi orasiga o‘rnatiladigan ma’lum funktsiya bajaradigan qurilmadir (4.11- rasm). MEA qurilmasida elektron kalitlar, mikroprotssessor, displey, boshqaruv paneli, o‘lchash qismi, xotira qismi, manba’ ta’minoti qismi, kirish hamda chiqish klemmalari mavjud. Kirish klemmalari uch fazali elektr tarmog‘iga ulanadi va chiqish klemmalari orqali bir fazali elektr energiyasi iste’molchilarga uzatiladi. MEA qurilmasi ishlash vaqtida uch fazali elektr tarmog‘idagi kuchlanishni doimiy nazorat qiladi.



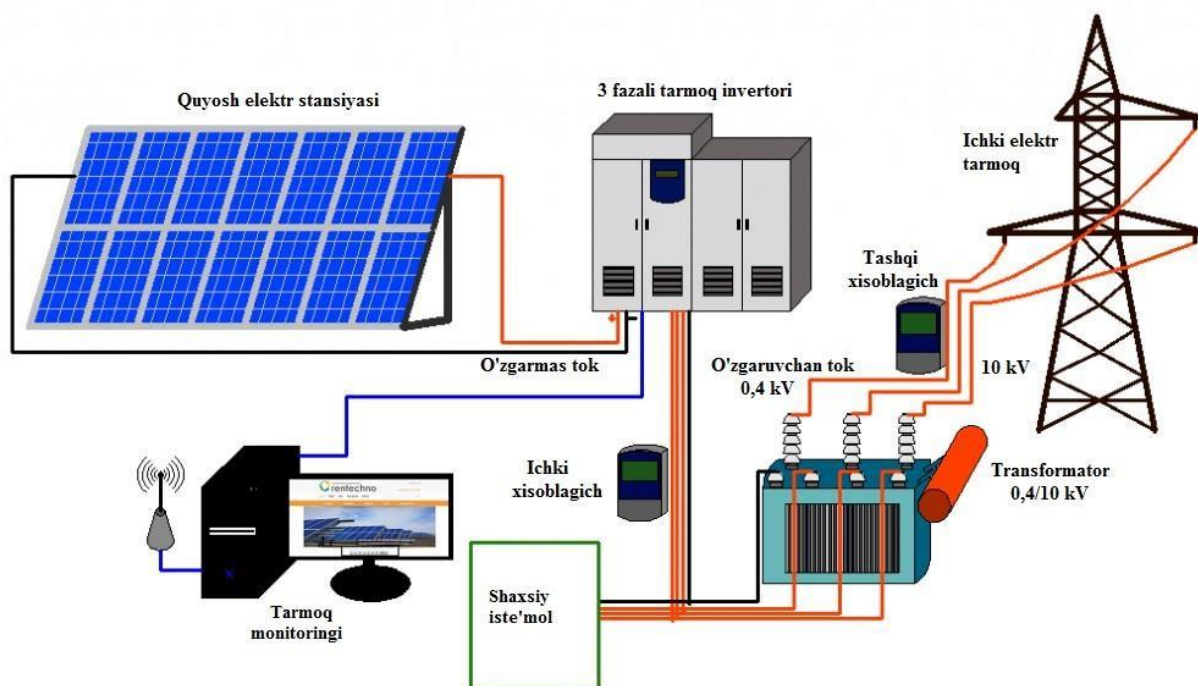
4.11- rasm. MEA qurilmasi uch fazali elektr tarmog‘i va bir fazali elektr tarmog‘iga mo‘ljallangan iste’molchi orasiga o‘rnatiladigan ma’lum funktsiya

bajaruvchi qurilma

Qo‘shimcha ma’lumot sifatida shuni aytish mumkinki, Respublikamizning deyarli hamma hududlarida zamonaviy telefon stansiyalari o‘rnatilib, foydalanib kelinmoqda. Bugungi kunda, avvalgi telefon stansiyalarini manba’ bilan ta’minlash uchun foydalanilgan uch fazali katta quvvatdagi dizel generatorlaridan, hozirgi

zamonaviy telefon stansiyalari uchun ham manba'i ta'minoti sifatida foydalaniladi. Yangi zamonaviy telefon stansiyalari avvalgilariga nisbatan bir necha barobar kam bo'lgan elektr energiyasini talab qiladi. Demak, mantiqiy hisoblanganda dizel yoqilg'isi bir necha barobar kam sarf bo'ladi va tejaladi. Lekin hozirgi vaqtda amalda bunday holat kuzatilmayapti. Hali ham katta quvvatdagi uch fazali generatorlardan foydalanilayapti va yoqilg'i zaxirasi uchun tejash ishlari bajarilmayapti. Agar telefon stansiyalari yoki telekommunikatsiya apparatlari uchun MEA qurilmasidan foydalanilsa, katta quvvatdagi uch fazali dizel generatorlarini kichik quvvatdagi bir fazali benzogeneratorlarga almashtirish mumkin va bu Respublika bo'yicha hisoblanganda, tashkilotlar yil davomida yoqilg'iga sarflaydigan katta miqdordagi xarajatlarini kamaytirib, moliyaviy tejamkorlikni tashkil qiladi.

4.12-rasmda Quyosh batareyalarini, sanoat tarmog'iga ulanishida o'zgarmas kuchlanishini uzgaruvchan uch fazali kuchlanishga aylantirish sxemasi kursatilgan.



4.12-rasm. Quyosh batareyalarini o'zgarmas kuchlanishini o'zgaruvchan uch fazali kuchlanishga aylantirish va sanoat tarmog'iga ulanishi

Faza tebranishning oniy t vaqtdagi holatini tasvirlaydi. Elektrotexnik qurilmalar uchun kuchlanishning chastotasi standartlashtirilgan. Evropada va

mustaqil davlatlar hamdo'stligi hududlarida 50 Gs, AQSH va Yaponiyada esa 60 Gs qilib olingan. Sanoatda maxsus maqsadlar uchun turli xil chastotali o'zgaruvchan toklardan keng foydalaniladi. Masalan, tezyurar yuritmalarda chastotasi 200-400 Gs, elektron qurilmalarda-500 Gs – 50 MGs va h.k. Radiotexnika, televideniya 3×10^{10} Gs gacha va sanoat elektronikasining ko'p qurilmalarida nisbatan kichik miqdordagi energiyani elektromagnit to'lqinlar vositasida simsiz uzatish uchun yuqori chastotali o'zgaruvchan toklar zarur. Har qanday sinusoidal o'zgaruvchan funksiya uchta kattalik bilan aniqlanadi: amplituda qiymati, burchak chastotasi va boshlang'ich fazasi. Past chastotali sinusoidal EYUK va toklar sinxron generatorlar yordamida hosil qilinadi. Yuqori chastotali sinusoidal EYUK va toklar esa yarim o'tkazgichli generatorlar yordamida olinadi.

Uch fazali zanjirlar:

1) elektr energiya asosan uch fazali manba'lar, uzatish liniyalari va ist'emoilchilar yordamida ishlab chiqariladi, uzatiladi va iste'mol qilinadi. Bu holat uch fazali tizimlarni bir fazalilarga nisbatan quyidagi bir qator afzalliklari bilan izohlanadi;

2) elektr energiya uch fazali toklar tizimli ko'rinishida uzatilganda bir fazali tok ko'rinishida uzatilgandagiga nisbatan qariyb 50% rangli metall tejiladi;

3) uch fazali toklar tizimli tuzilishi jihatdan sodda, yaxshi ish xarakteristikalariga ega bo'lgan, ishlashda ishonchli va arzon hamda bir necha 10 Vt dan 100 kVt va undan katta quvvatli motorlar, transformatorlar va boshqa qurilmalarni yaratish imkonini beradi;

4) uch fazali simmetrik va to'rt simli nosimmetrik tizimli bir-biridan 3 ga farq qiluvchi ikkita kuchlanishdan foydalanish mumkin bo'ladi.

Uch fazali zanjirlarni hisoblash bir fazali sinusoidal tok zanjirlarini hisoblashga o'xshash bo'lsada, zanjirda boshlang'ich fazalari har xil bo'lgan bir nechta EYUK va toklar ishtirokini hisoblashni ancha murakkablashtiradi.

4.2. Fotoelektrik stansiyalardagi yordamchi qurilmalarning texnik xavfsizligini hisoblash

Odatda, tarmoq sxemasi va uning ushbu tarmokni ta'minlovchi tok manba'i neytral ishlash rejimi, texnologik talablar xamda xavfsizlik shartlaridan kelib chiqadi. Agarda bizning xolatda loyixalanayotgan ob'ektni elektr quvvati bilan ta'minlash bo'linadigan tarmoqqa yopiq netral erga ulanish bilan amalga oshiriladi.

Elektr qurilmalarni erga ulash uchun sun'iy va tabiiy erga ulagichlardan foydalanish mumkin. Tabiiy erga ulagichlar – utazuvchi qismi o'zining bevosita xizmat funksiyasidan tashqari, bir vaqtning o'zida erga ulagich funksiyasini ham bajaradi (masalan, bino va inshootlar muhandislik kommunikatsiyasi jixozlarini fundamentlar armaturalarga metall va temir-beton tanyachlarining er osti kismi).

Sun'iy erga ulagich – erga ulanishni ta'minlash uchun maxsus tayyorlangan yerga ulagich. Erga ulanish, bevosita yoki bilvosita tegib ketishdan yagona ximoya bo'lmasligi lozim, u boshqa himoya tadbirlari bilan kompleks ko'llanilishi eng samaraliroq bo'ladi:

- quvvat ta'minotini avtomatik ravishda o'chirish (PUE 1.7.61, 1.7.63);
- II sinf dastgohlarni ko'llash yoki shunga tenglashtirilgan izolyasiya qilingan; (PUE 1.7.86, 1.7.87);
- tarmoqlarni ximoyali elektr bo'linishi (PUE 1.7.86, 1.7.89);
- izolyasiyalovchi (elektr o'tkazmaydigan) xonalar, xududlar, maydonchalar (PUE 1.7.86, 1.7.89).

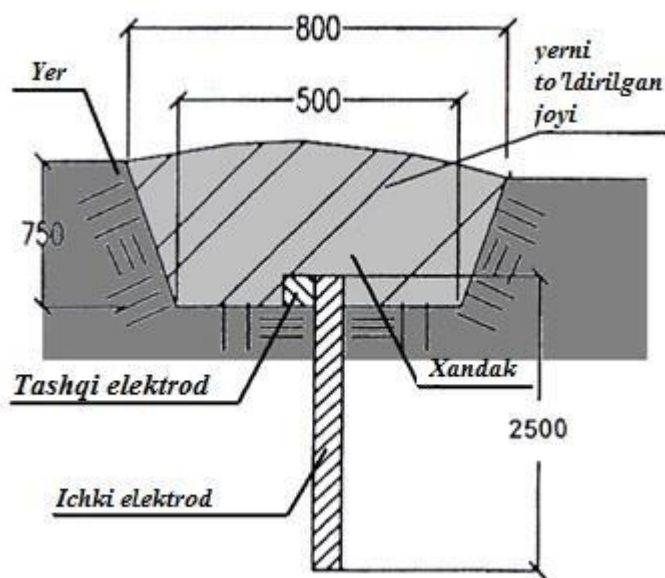
Sun'iy erga ulagichlar sifatida qo'llaniladi – po'lat yo'laklar yoki po'lat dumalok:

- chuqurlashtirilgan erga ulagichlar – polosalar yoki po'lat dumaloq kesimli, uzun elementlar ko'rinishida kotlovan yoki transheya turbaga gorizontal joylashtiriladiganlar;

- vertikal erga ulagichlar – po'latdan yasalgan vintsimon yoki qoqib erga kirgiziladigan sterjenlar 12-16 millimetr diametrli, devor qalinligi 4 millimetrdan kam bo'lmagan po'lat burchaklar yoki po'lat quvurlar (devorining qalinligi 3,5 millimetrdan kam bo'lmagan nokonditsion). Vintsimon kirgiziladigan elektrodlar

odatda 4,5:5 metr uzunlikda, qoqiladigan ugoloklar, quvurlar va sterjenlar uzunligi - 2,5:3 metr. Vertikal elektrodni yuqori uchi er yuzasidan 0,6 ÷ 0,75 metr masofada bo'lishi kerak (4.13-rasm). Bir elektrodan ikkinchisiga bo'lgan masofa uni uzunligidan kam bo'lmasligi kerak;

- gorizontal erga ulagichlar – qalinligi 4 millimetrdan kam bo'lmagan po'lat yo'laklar yoki diametri 10 millimetrdan kam bo'lmagan po'lat dumaloq kesimli (kruglyak). Bu erga ulagichlar vertikal erga ulagichlarni bog'lash uchun hamda mustaqil erga ulagichlar sifatida ishlatilishi mumkin.



4.16-rasm. Erga ulanishdagi vertikal va gorizontal elektrodlarni joylashishi

Elektrodlar va erga ulanadigan o'tkazgichlar bo'yalmasligi kerak, zangdan, moy izlaridan va boshqalardan tozalanishi kerak. Payvandlangan joylarida metall korroziyasidan lak qoplash yordamida himoyalanaadi. Binolarni metall qismlari umumiy erga ulanish konturini yaratish uchun bir butun qilib birlashtirilishi kerak. Ulamalar payvandlanishi kerak.

Erga ulanish qurilmasini hisoblash: 220 V bir fazali tarmoq uchun erga ulanish qurilmasini yoyilib ketishga qarshiligi, 4 Omdan katta bo'lmasligi kerak (PUE-2009 1.7.92).

Erga ulanish qurilmasining sxemasini aniqlash uchun «Elektr tarmoklari va podstansiyalarini loyixalovchi ma'lumotnomasi» P.M. Dichenko, «Elektr texnikasi ma'lumotnomasi» M. Kruglyanskiy, manba'lariga asosan hisoblash o'tkazildi.

Erga ulanish qurilmasini qarshiligini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$R_3 = \frac{R_c * R_n}{R_c + R_n}, \quad (4.35)$$

bu erda:

4.1-jadval

R_p – erga ulagichlar qarshiligi
$R_{\pi} = \frac{R_{\pi p}}{\eta_{\pi}}; R_{\pi p} = \frac{0,366}{l} * \rho * K_n * \ln \frac{2l}{b * t},$
R_{pr} – polosali va dumaloq kesimli erga ulagichlar qarshiligi Om, ρ – tuproqni solishtirma qarshiligi (4.2-jadval); K_p – mavsumiy koeffitsient, Bo'ka uchun $K_p = 1,5$ (4.3-jadval); l – erga ulagich uzunligi, sm; t – erga ulagichni qancha chuqurlikda bo'lishi odatda (50-75 sm); η_p – foydalanish koeffitsienti (4.4-jadval bo'yicha).
R_s – sterjenli erga ulagichlar qarshiligi
$R_c = \frac{R_0}{\eta_c * n}; R_0 = 0,00318 * \rho * K_c$
R_0 – sterjenli erga ulagich qarshiligi Om; ρ – tuproqni solishtirma qarshiligi (4.2-jadval); K_p – mavsumiy koeffitsient, Qarshi uchun $K_s = 1,1$, (4.4-jadval); η_s – foydalanish koeffitsienti (4.5-jadval bo'yicha); n – sterjenlar soni.

4.2-jadval.

Tuproq og'irligiga nisbatan 10-20% namlik bo'lganida taxminiy hisoblashlar uchun tavsif qilingan tuproqni solishtirma qarshiligining o'rtacha qiymati

Yer qatlami (tuproq)	Yerni solishtirma qarshiligi (Om×sm)
----------------------	--------------------------------------

Qum	$(4-7) \times 10^4$
Qumloq	$(0,5-1) \times 10^4$
Tuproq	$(0,4-0,7) \times 10^4$
Qora tuproq	1×10^4

4.3-jadval.

Tavsiya qilingan K_s va K_p mavsumiy koeffitsientlar.

Erga ulagichlar turi	Iqlim zonalar bo'yicha qiymatlar (zonalar SNiP «Klimatologiya va geofizika» bo'yicha tanlanadi)			
	I	II	III	IV
Sterjenli elektrodlar 0,5–0,8 m chuqurlikda, 1,8–5,0 m uzunlikda, K_s , sm	2,0	1,7	1,4	1,2
0,5-0,8 m chuqurlikda uzun cho'zilib ketgan elektrodlar uchun tavsiya qilingan K_p	7,0	4,0	2,0	1,5

4.4-jadval

Vertikal erga ulagichlar uchun polosadan foydalanish koeffitsienti (η_p).

Qator qilib joylashtirilgan erga ulagichlar uchun			Kontur bo'yicha joylashtirilgan erga ulagichlar uchun		
Masofani erga ulagich uzunligiga nisbati a/l	Elektrodlar soni (sterjenli) n	η_p	Masofani erga ulagich uzunligiga nisbati a/l	Elektrodlar soni (sterjenli) n	η_p
2	4	0,89	2	4	0,
	5	0,86		5	0,
	8	0,79		8	0,
	10	0,75		10	0,
	20	0,56		20	0,
	30	0,46		30	0,

4.5-jadval

Vertikal erga ulagichlar uchun foydalanish koeffitsienti η_s .

Kator qilib joylashtirilgan erga ulagichlar uchun			Kontur bo'yicha joylashtirilgan erga ulagichlar uchun		
Masofani erga ulagich uzunligiga nisbati a/l	Elektrodlar soni (sterjenli) n	η_s	Masofani erga ulagich uzunligiga nisbati a/l	Elektrodlar soni (sterjenli) n	η_s

2	2	0,91	2	4	0,
	3	0,86		6	0,
	5	0,81		10	0,
	10	0,74		20	0,
	15	0,69		40	0,
	20	0,67		60	0,

Erga ulagich qurilmalarini hisoblashni sonli namunasi. Bu hisoblashda Toshkent viloyati manzil bo'yicha joylashgan yashash uyini kurilishi kuzda tutilgan. Topshiriqqa muvofiq ko'zda tutilgan: ximoya erga ulanishi va nullashtirish.

Kirish shitini korpusini nullashtirish nulli kirish simida qilinadi. Ximoyalash va ishlash erga ulanishini ta'minlash uchun yashash joyning kirish shitini metall korpusi erga ulanish konturiga payvandlanadi. Ulanish simi sifatida 40×4 mm po'lat polosa ishlatiladi. Sterjenli erga ulagichlar sifatida ugolok ishlatiladi, po'lat ugolok 50×50×5, uzunligi L=2,5 m. Vertikal elektrodlar (erga ulagichlar) 5 m dan bo'ladi, ya'ni a=500 sm (a=2×L; o'ta katta foydalanish koeffitsienti uchun). Elektrodlar soni n=6 donaga teng. Yoyilib ketishga qarshilik qiymati ruxsat etilganidan oshib ketsa, unda elektrodlar sonini katta miqdorda qabul qilish kerak. yerga ulagich qurilmasini tok tarqalishiga qarshiligi 4 Om dan oshmasligi kerak.

$$R_3 = \frac{R_c * R_n}{R_c + R_n} \quad (4.36)$$

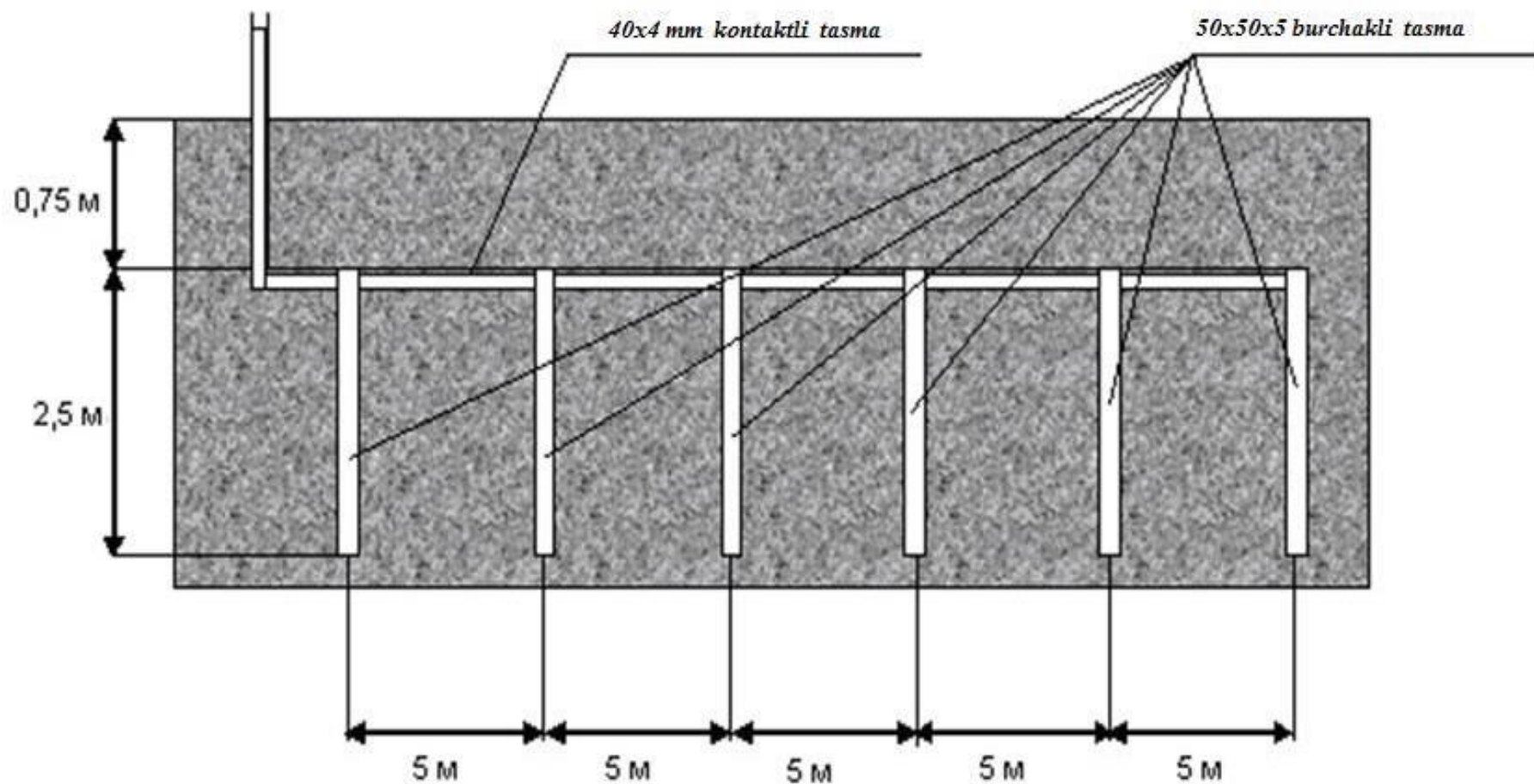
4.6-jadval

R _p – uzun erga ulagichlar qarshiligi
$R_{\pi} = \frac{R_{np}}{n}; R_{np} = \frac{0,366}{l} * \rho * K_n * \log \frac{2l}{b*t}, \text{ где}$
R _{pr} – polosalik va dumalok kesimli erga ulagichlar karshiligi, ya'ni 40x4mm po'lat polosa uchun; <p>ρ=5000 Om×sm – qurilish joyidagi tuproqni solishtirma qarshiligi (4.2-jadval);</p> <p>K_p = 1,5 – Toshkent viloyati uchun mavsumiy koeffitsient (4.3-jadval);</p> <p>l = a·(n-1)=500·(6-1)=2500 sm – erga ulagich uzunligi;</p>

<p>$b=4$ sm – yerga ulagich eni;</p> <p>$t=75$ sm – yerga ulagichni yer ostiga kirish chuqurligi;</p> <p>$\eta_p=0,837$ – qatorasiga joylashtirilgan 6 ta yerga ulagich uchun foydalanish koefitsienti (4.4-jadval).</p>
$R_{np} = \frac{0,366}{2500} \cdot 5000 \cdot 1,5 \cdot \log \frac{2 \cdot 2500^2}{4 \cdot 75} = 5,07 \text{ } Om$
$R_n = \frac{5,07}{0,837} = 6,06 \text{ } Om$
<p>R_s – sterjenli yerga ulagichlar qarshiligi</p>
$R_c = \frac{R_0}{\eta_c \cdot n}; \quad R_0 = 0,00318 \cdot \rho \cdot K_c, \text{ } \text{rde}$
<p>R_0 – sterjenli erga ulagichlar qarshiligi Om, ya’ni $50 \times 50 \times 5$ burchak uchun;</p> <p>$\rho=5000$ Om$\times$sm – qurilish joyidagi tuproqni solishtirma qarshiligi (4.2-jadval);</p> <p>$K_s = 1,2$ – Toshkent viloyati uchun mavsumiy koefitsient (4.3-jadval);</p> <p>$\eta_s = 0,796$ –katorasiga joylashtirilgan 6 erga ulagichlardan foydalanish koefitsienti (4.5-jadval);</p> <p>$n = 6$ sht – sterjenlar soni.</p>
$R_0 = 0,00318 \cdot 5000 \cdot 1,2 = 19,08 \text{ } Om$
$R_c = \frac{19,08}{0,796 \cdot 6} = 3,99 \text{ } Om$

$$R_3 = \frac{6,06 \cdot 3,99}{6,06 + 3,99} = 2,4 \text{ } Om \quad (4.37)$$

Olingan qiymatlar PUE talablarini kanoatlantiradi. Loyixalanayotgan erga ulanish qurilmasi qatoriga joylashgan va gorizonta (40×4 mm) po‘lat yo‘lak orqali bir-biriga ulangan, 750 mm chuqurlikda butun uzunligi bo‘yicha bir-biriga moslashtirib payvandlash orqali payvandlangan va kirish shitiga xam payvandlangan 6 erga ulagich elektrodlardan tashkil topgan. (50×50×5; l=2500 mm).Uzunligi bir-biriga mos 100 mm. 4.17-rasmda yerga ulanish qurilmasini rejali-sxemasi ko‘rsatilgan.



4.17-rasm. Erga ulanish qurilmasining rejali sxemasi.

4.3. Fotoelektrik batareyalar va qurilmalarni loyixalashning iqtisodiy asoslari

1) Dastlabki ma'lumotlar:

Ikki qavatli uy uchun geliotizimni oldingi keltirilgan hisoblashlarga ko'ra, iqtisodiy asoslash uchun kerakli ma'lumotlarni yozib chiqamiz:

- quyosh batareyalari soni (KV 175): $N^{KB} = 41$;
- akkumulyator batareyalari soni ($q=200 \text{ A}\times\text{soat}$, $U=12 \text{ V}$): $N^{AB} = 24$;
- bir yilda ishlab chiqarilgan elektr energiya miqdori (Tarmoqga berilgan elektr energiyasiz): $W_{b,e} = 16612 \text{ kVt}\times\text{s}$;
- tarmoqdan olingan elektr energiya miqdori: $W_{o,e} = 2360 \text{ kVt}\times\text{soat}$;
- tarmoqga berilgan elektr energiya miqdori: $W_{chiq. E} = 2366 \text{ kVt}\times\text{soat}$.

2) Kapital ta'mirlashdagi jixozlarni smetasini tuzamiz:

4.7-jadval

Loyihani birinchi ish yili uchun kapital qo'yilmalar.

Nomi	Miqdori	Birlik narxi, grn	Umumiy qiymati, grn
Quyosh batareyalari	41	7770	318570
Akkumulyatorlar	24	3300	79200
Invertor	1	3612,5	3612,5
Quyosh batareyalarini o'rnatish	41	450	18450
Akkumulyatorlarni o'rnatish	24	225	5400
Invertorni o'rnatish	1	900	900
Kuchlanish stabilizatorini o'rnatish	1	600	600
Zaryad kontrollerini o'rnatish	1	200	200
Kabellarni tashab chiqish	20	32,80	656
Avtomatika va himoya qurilmalarini o'rnatish	1	820	820
		Jami:	428408,5

Joriy ta'mirlashga ketadigan yillik xarajatlarni aniklaymiz:

$$K_{jn} = 428408,5 \cdot 0,01 = 4284,09 \text{ grn}; \quad (4.38)$$

3) Ishlab chiqarish xarajatlarini hisoblash:

Oldingi hisoblash natijalaridan foydalanib 4.9-jadvalni tuzamiz va unga barcha ishlab chiqarish xarajatlarini yozamiz.

4.9-jadval

Tizimni 1 ish yillik uchun ishlab chiqarish xarajatlari.

Tarmoqdan elektr energiya sotib olish	Elektr energiya miqdori, kVt×soat	1 kVt×soat narxi, grn	Elektr energiya qiymati, grn
	2360	0,25	590
Xodim ish xaqi	Odamlar soni	1 odamni o'rtacha ish xaqqi, grn	Ish xaqqi fondi, grn
	1	2000	2000
		Jami:	2590

4) Ishlab chiqarish daromadlarini hisoblash:

Daromadlar va almashtirilgan elektr energiya o'rmini hisoblash uchun, tarmoqqa berilgan energiya bilan birgalikda ishlab chikarilgan elektr energiya narxini aniqlaymiz. Tarmoqqa berilgan elektr energiya o'lchov birlikni «yashil tarif» shartlarida, ya'ni ikkinchi guruh, iste'molchilari kabi 2 koeffitsient bilan qabul kilamiz. 1 kVt×soat tarmoq elektr energiyasini almashtirishdan olingan iqtisodiy samarasini tarmoqdan sotib olingan elektr energiya narxi va «yashil tarif» bo'yicha tarmoqqa sotilgan elektr energiya narxi orasidagi farqi sifatida qabul qilamiz. Ma'lumotlarni 4.10-jadvalga kiritamiz.

4.10-jadval

Tizimni 1 ish yili davomida ishlab chiqarish daromadlari.

Tarmoqqa elektr energiya sotish	Elektr energiya miqdori, kVt×soat	1 kVt×soat narxi, grn	Elektr energiya qiymati, grn
	2366	1,12	2650
Tarmoq elektr energiyasi almashtirish	Elektr energiya miqdori, kVt×soat	1 kVt×soat narxi, grn	Elektr energiya qiymati, gr
	16612	1,12-0,25=0,87	14452,44
		Jami:	17102,36

5) Tizimning xarajatlarini qoplash muddatini hisoblash. Tizimni kapital ta'mirlashlarsiz xarajatlarni qoplash muddatini aniqlaymiz:

$$T_1 = \frac{428408,5}{17102,36 - 2590 - 4284,09} = 41,9 \text{ yil.} \quad (4.39)$$

Invertorni hisoblash: Invertorni ba'zi parametrlarini ma'lum: misol uchun kirish kuchlanishi $U_{kir} = 220V$, FIK $\eta_I = 0,94$, xamda mo'ljallangan iste'mol quvvati, misol uchun, $R_r = 17 \text{ kVt}$. Shuningdek hafta davomida bino iste'mol qiladigan jami quvvat $W_{hafta} = 464,07 \text{ kVt} \times \text{s/hafta}$, biz invertorni energiya bilan ta'minlash uchun kerakli o'zgarmas tok miqdorini aniqlashimiz mumkin. Bu esa keyinchalik quyosh tizimdagi fotoelektrik modullarning (FEM) sifat va soni bo'yicha aniqlash, akkumulyator batareyalarini (AKB) va impulsli kuchlanish stabilizatorini (IKS) aniqlash imkonini beradi.

1) Invertorning elektr energiya ta'minoti uchun haftada kerak bo'ladigan o'zgarmas tok yuklamasini topamiz:

$$P_{hafta} = W_{hafta} / \eta_I, \text{ kVt} * \text{soat} / \text{hafta}, \quad (4.40)$$

bu erda, W_{hafta} - hafta ichida bino iste'mol qiladigan jami energiya. U yoritgichlar va elektr asboblari iste'mol qilgan energiya yig'indisiga teng.

η_I –invertorni FIK, $\eta_I = 0,94$.

$$P_{hafta} = 464,07 / 0,94 = 493,7 \text{ kVt} * \text{soat} / \text{hafta}. \quad (4.41)$$

1) Invertorni energiya bilan ta'minlash uchun xaftaga kerak bo'lgan o'zgarmas tok miqdorini aniklaymiz:

$$A_{hafta} = \frac{P_{hafta}}{U_{kir.-kuch}}, (A * \text{soat} / \text{hafta}), \quad (4.42)$$

bunda, $U_{kir.-kuch}$ - Invertorni kiruvchi kuchlanishi.

$$A_{hafta} = \frac{493,7}{220} = 2,24 (\text{kA} * \text{soat} / \text{hafta}). \quad (4.43)$$

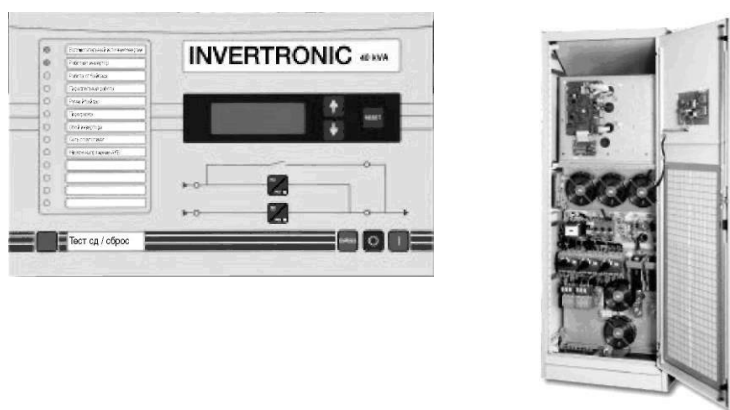
2) Invertorni elektr energiya bilan ta'minlash uchun kuniga (sutkada) kerak bo'lgan o'zgarmas tok miqdorini aniqlaymiz:

$$A_{kun} = \frac{A_{hafta}}{n}, (A * \text{soat} / \text{kun}) \quad (4.44)$$

bu erda, n – eng ko'p iste'mol bo'ladigan ish kuni, masalan 5 kun deb qabul qilamiz.

$$A_{kun} = \frac{2244}{5} = 448,8 \approx 449 \text{ A} \cdot \text{soa} / \text{kuniga} . \quad (4.45)$$

Loyixalanayotgan elektr ta'minoti tizimli uchun invertor tanlash: Bizning tizim uchun invertor tanlashda quyidagi prinsiplar bilan ish ko'ramiz: qurilmani oddiyligi va ishonchligi, foydalanishdagi qulayligi, chiqish, kuchlanish chastotasi va qiymatini yuqori aniqlikda ushlab turish singari xarakteristikalarini narxi unchalik qimmat emasligi, yuqori qayta yuklamaliylik qobiliyati, sinusoida shaklidagi chiqish kuchlanishi. Invertorga 17 kVt umumiy yuklamani ta'minlash uchun, bir fazali kuchlanish va o'ta yuqori quvvatli invertor talab qilinadi.



4.18-rasm. Invertorning tashqi ko'rinishi: oldi paneli, invertor shkafi ochiq va yopiq holatida

Shuning uchun Benning korporatsiyasining INVERTRONIC seriyali invertori tanlandi, uning tashqi ko'rinishi 4.18-rasmida ko'rsatilgan DIN:G220 E230/.../2rfg markali invertor.

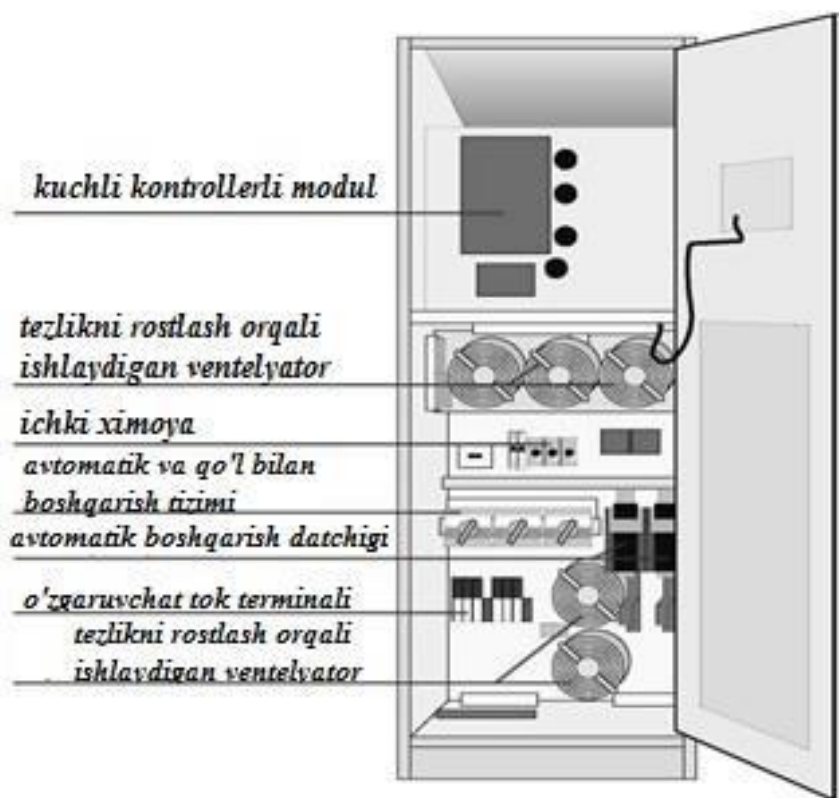
Invertorning vazifasi o'zgarmas tokni o'zgaruvchan amplituda va stabil chastota bilan bir fazali o'zgaruvchan sinusoida tokga aylantiradi. Chiquvchi kuchlanish tarmoqdagi kamayish va uzulishlarga bog'lik emas.

Invertor tarkibida baypas o'rnatilgan. Tarmoqda uzulishlar va tarmok yukolishi xolatlarida o'zgarmas tok kirish qismiga ulangan fotoelementlar yoki akkumulyator batareyalari iste'molchilarni energiya ta'minotida uzulish holatlari yuzaga qilmaslik uchun darhol ulanadi. Agar batareyalar razryadi past darajada bo'lsa, invertor o'z vaqtida o'chirilish to'g'risida ogohlantirish berishi va avtomatik ravishda o'chirilishi lozim.

Yuklamani avtomatik ravishda baypas usulida xar qanday kirish qismiga o'tishi, invertor ishdan chiqqan holatlarda ham, oldin o'rnatilgan ish diapazoni oralig'idan chiqib ketish holatlarida yuzaga keladi.

Statik baypas usuli tarmoqdagi yarimo'tkazgichli datchik kalitidan tashkil topgan. Chiqish kuchlanishini belgilangan qiymatdan ruxsat etilgan miqdordan farqlanish xolatida u xar doim avtomatik ravishda uzluksiz yuklamani tarmoqqa ulaydi. Statik baypas moduli uzluksiz ishlovchi statik datchik kalitni tarmoqqa uzatilgan oraliqda yoqib-ulanib turish uchun xarakatga keltiradi. Kalit qo'l yordamida yoki avtomatik ravishda - kontroller yordamida harakatga keltirilishi mumkin. Mikroprotsessorli monitoring avtonom holatda bo'ladi, va fotoelektrik stansiya ishidagi to'xtab qolish holatlarini va statistik baypas har qanday avariya holatlaridagi yoqilib qolish kabi holatlarni oldini oladi. Masalan, faqat invertorni kuchlanishi, chastotasi va fazalari baypas bilan sinxronlashgan holatda bo'lgandagina qo'l yoki avtomatik rejimda yoqish mumkin. Chastota bo'yicha berilgan qiymatlardan og'ishib ketishi yoki yoqish holatini blok holatida bo'lib qolishi ya'ni invertor ishlamay qolganda tarmoqqa fotoelektrik tizimni ulab-uzish holatlari $1 \div 2$ sekund uzulish orqali sodir bo'ladi. Qayta ulab-uzish invertorni normal holatda ishlab turishini amalga oshirishi mumkin va bu fotoelektrik tizimni uzluksiz mumkin qadar avariya holatlaridan saqlagan holda ishlashini ta'minlashdan iborat bo'ladi.

Statik baypas qayta yuklanish imkoniyati 10 minutga 150% va 100 mikro sekundga 1000%. Agar qayta yuklanish yoki agar u normal rejimda ishlab turgan holatda qisqa tutashuv sodir bo'lsa baypas avtomatik ravishda yuklamani invertorga ulaydi. Statik baypas mikroprotsessor boshqaruviga ega bo'lgan antiparallel tiristor blogidan tashkil topgan bo'ladi. Invertordan tarmoqqa o'tish va aksincha yoqish – ulanish sinxronlashgan rejimda tarmoqni o'zgarmasdan amalga oshiriladi. Invertor shkafini ichki jihozlari tarkibi 4.19-rasmda keltirilgan.



4.19-rasm. Invertor shkafini ichki jixozlari tarkibi

Invertorni texnik ma'lumotlari 4.11-jadvalda keltirilgan

4.11-jadval

INVERTRONIC DIN:G220 E230/.../2rfg-WDG 20.

Invertorini texnik ma'lumotlari.

Chiquvchi nominal quvvat ($\cos \varphi = 0,8$): 20 kVA
INVERTORGA KIRISHI
Kirish kuchlanish: 220V
Kirish kuchlanishni ruxsat etilgan og'ishi: ot -15 do +20%
Pulsatsiya koeffitsienti: < 5% eff.
$\cos \varphi=0,8$ va nominal kirish kuchlanishida kiruvchi tok: 80A
Batareyalar bilan ishlaganda quvvat: 17,6 kVt
Nominal yuklamada FIK: 94%
INVERTORDAN CHIKISHI

Chiqish kuchlanishi: 1/N 230 RE
Chiqish kuchlanishini sozlash oralig'i: $\pm 5\%$
Kuchlanishni stabillashuvi
Yuklamani 100% o'zgarishi uchun -dinamik: $\pm 4\%$
Sozlash vaqti: < 10 ms
Nominal chiqish tok: 86 A
Ruxsat etilgan ortiqcha yuklanish: 50% 60 s ga ; 25% 10 minutga; 10% 20 minutga
Qisqa tutashuv toki: qisqa tutashuv tokiga chidamli barqaror; 20 s ga $I_{q,t} = 3 \times I_{o,rt}$
Chiqish chastota: 50 Gs (60 Gs) $\pm 0,1\%$; kvars yoki tarmokli sinxronlash
Chiquvchi signal shakli: sinusoida
STATIK BAYPAS
Ortiqcha yuklanish imkoniyati: 150 % 10 minutga, 500 % 100 ms ga
Ulab-yoqish vaqti: - inverter to'xtab qolganda: < 1 % ms (uzluksiz) - ortiqcha yuklanish yoki qo'lda yoqilganida $< 1\%$ ms (uzluksiz)
UMUMIY MA'LUMOTLAR
Invertorning o'lchamlari: - uzunligi: 2000 mm; - eni: 800 mm; - chuqurligi: 600 mm:

Ishlab chiqaruvchi davlat: Germaniya. Narxi: 15000 grn. Shunday qilib, berilgan tizimda to'lik ishlash uchun chiquvchi quvvat 20 kV/A, o'zgarmas tokni kirish kuchlanishi 220 V bo'lgan INVERTRONIC DIN:G220 E230/.../2rfg-WDG 20 inverter qabul qilinadi. Hisoblangan aktiv quvvatga nisbatan (17 kVt) ozgina

ko'proq quvvat tanlanishiga sabab, ba'zi uskunalarni ishga tushirish paytida ist'emol qiladigan yetarli toklarni ta'minlash uchun quvvat bo'yicha zaxira bo'lishi shart. Chunki qurilmalarda (puskoy moment) ya'ni "boshlash vaqti" deb nomlangan tushuncha mavjud. Masalan 5 kVt×s quvvatda ishlaydigan sovutgichni misol qiladigan bo'lsak, ushbu qurilma tarmoqqa ulanganda boshlash vaqti 3÷5 sekund 5,6÷5,8 kVt×s elektr energiyasini iste'mol qiladi. Masalan; muzlatgich, elektrodvigatel, radiotexnikani ko'p qismlari va h.k., shuningdek, invertorni aktiv chikuvchi quvvati to'liq qiymatidan ozrok past bo'ladi (taxminan 17,4 kVt). Agarda biz fotoelektrik stansiyaning xavfsiz uzoq muddat ishlashini xohlasak, mo'ljalimizdagi ishlovchi qurilmalarning quvvatini 1,1 % ko'paytirish lozim bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Fotoelektrik stansiyalarni loyixalashda qo'yiladigan talablarni sanang?
2. Katta quvvatdagi fotoelektr stasiyalarning kamchiligi va samaradorligi?
3. Kichik quvvatli fotoelektrik stansiyalardagi kamchiligi va samaradorligi?
4. Xususiy ishlab chiqarish korxonalarini loyilashdagi xisoblash?
5. Quyosh batareyalari klemmalaridagi ulagichlar haqida?
6. Fotoelektrik stansiyalar va akkumulyator uchun qanday simlarni tanlash kerak?
7. Qanday turdagi inverterlarni parallel ulash mumkin?
8. Fotoenergetika sohasida seriyali fobatareyalar uchun mamlakatimizda ehtiyoj bormi?
9. O'lchami (25mm²) bo'lgan sim bilan faqat (A) asosiy tarmoqqa ulashga ruxsat etiladi xamda inverterni tuproqqa ulash?
10. Qanday turli chastotali yoki quvvatli inverterlarni bilasiz?
11. Nima uchun avtomatik yuk davrlari ba'zi holatlarda etarli emas?
12. Zamonaviy fotoelektrik stansiyalarni afzalliklari?

XULOSA

O‘zbekistonda muqobil energetikani tadbiq etishga qiziqish kuchli, muqobil energetikaning rivojlanishi yuqori texnologiyalar sohasida minglab yangi ishchi o‘rinlari tashkil etilishiga sabab bo‘ladi. Bundan tashqari, quyosh energetikasi SO₂ ning havoga chiqishini keskin qisqartirish va ekologiyani yaxshilash imkonini beradi.

Hozirgi kunda binolar qurilishlarida mablag‘ni iqtisod qilishning eng dolzarb muammolardan hisoblanib, bunda eng muxim yo‘nalish bu tabiiy energiya va resurslardan oqilona foydalanishdir. Dunyoda aholi soni yil sayin oshib borishi munosobati bilan elektr energiya iste‘moli xam ortib boradi. Organik yoqilg‘ilar-toshko‘mir, neft va tabiiy gazning erdagi zaxiralari cheklangan bo‘lib, vaqt o‘tishi bilan kamayib bormoqda. Mamlakatimizning geografik joylashuvi quyosh energiyasining katta potentsiali mavjudligini ta‘minlaydi. Kuzatishlar respublikaning turli mintaqalarida quyosh nuri bilan yoritish 2413-3095 soatni, radiatsiya balansi esa 1718-2722 MJ/m² ni tashkil etishini ko‘rsatadi. Quyosh energiyasining yalpi potentsiali shu davrgacha tadqiq etilgan qayta tiklanuvchi energiya manba‘lari yalpi potentsialining 99,97 % ni tashkil etadi. Quyosh energiyasidan foydalanish bo‘yicha mamlakatimizda etarlicha tajriba mavjud. Shuning uchun dunyoda energiya tanqisligini yuzaga keltirmaslik maqsadida energiyaning boshqa manba‘lari – yadro energiyasi, geotermal, bug‘, shamol, quyosh energiyasidan amaliy maqsadlar uchun foydalanishda zamonaviy muqobil energiya manba‘laridan va fotoelektrik stansiyalarini xaqida respublika bo‘yicha konferensiyalar tashkillashtirilmoqda. O‘zbekistonda gelioenergetikani qo‘llash salohiyati katta. Shuning uchun mazkur yo‘nalishning rivojlanishi bir qator afzallikka ega. Umuman, noan‘anaviy qayta tiklanuvchi energiya manba‘laridan foydalanish orqali “yashillashtirish” siyosatini olib borish 2050 yilga borib elektr energiya ishlab chiqarishning umumiy hajmida uglevodorodlar ulushini 50% gacha qisqartirish imkonini beradi.

Adabiyotlar ro'yxati

1. I.A.Yuldoshev., E.B.Saitov. Kasb – xunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. "Noshir" nashriyoti, Toshkent. Quyosh panellarini o'rnatish, sozlash va foydalanish. 2017 - y. 164 b.

2. E.B.Saitov. Fotoelektrik batareyalar va qurilmalar texnologiyalari fan.

T: ToshDTU, 2019 y, 160 b. Toshkent – 2019

3. Бекиров Э.А., Воскресенская С.Н., Химич А.П. Методическое пособие – Симферополь: НАПКС. Расчет системы автономного энергоснабжения с использованием фотоэлектрических преобразователей. 2010 г. 83 с.

4. I.X.Siddiqov., H.A.Sattarov., O.I.Siddiqov., X.E.Xo'jamatov., D.T.Xasanov., SH.B.Olimova. TDAT nashriyoti. Darslik -T.: Zamonaviy energiya o'zgartirish tizimlari. 2018 y., 318 b.

5. Зикриллаев Н. Ф, Саитов Э.Б. Журналы Экология. Изучение в вузах республики проблемы сохранения аральского моря и рационального использования водных ресурсов Узбекистана//№4, 2015 г.

6. Бекиров Э.А. (книга). – Симферополь , М:– Лекции. Автономные источники питания. 2010 г.

7. Найвельта Г.С. Справочник под ред. М., «Радио и связь» Источники электропитания РЭА., г. 1986, 576 с. с ил.

8. Ирвинг М.Г. Пер. с англ., «Постмаркет», «Источники питания. Инверторы, конверторы. Линейные и импульсные стабилизаторы». М.,2000 г.

9. И.И.Белопольский, Е.И.Каратникова, Л.Г.Тикалова. Расчет трансформаторов и дросселей малой мощности. М., Энергетика, 1973 г.

10. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: «Высшая школа», г. 1996. – 638 с.

11. Allaev K-P., Siddikov I.X., Xdkimov MD-, Ibragimov R.I., Siddikov

O.I., SHamsutdinov X-F- «Stansiya va podstansiyalarning elektr jixozlari».-

O'quv qo'llanma, T.: Cho'lpon nomidagi NMIU, 2014.

12. Рожкова Л.Д. Карнеева Л.К. Чиркова Т.В. «Электрооборудование электрических станций и подстанций». Учебное пособие. 4-издания - М.:Издательский центр «Академия», 2007.

13. Белецкий О.В., Лезнов С.И. «Обслуживание электрических подстанций». Учебное пособие. М.: энергоатомиздат, 1985.

14. Быстрицкий Г.Ф. Кудрин Б.И. «Выбор и эксплуатация силовых

трансформаторов». Учебное пособие для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2003.

15. Неклепаев Б.Н. «Электрическая часть станций и подстанций». Учебное пособие. - М.: энергоатомиздат, 1986.

16. Рожкова А.Д., Козулин Б.С. «Stansiya va podstansiyalarning elektr asbob-uskunalari». Darslik- T.: O'qituvchi, 1986.

17. Салов В.П. Справочник по ремонту, наладке и техническому обслуживанию электрооборудования. Учебное пособие. Издательство «Вента-2», 2007.

18. Majidov T.Sh. Noananaviy va qayta tiklanuvchi energiya manbalari, o'quv qo'llanma,-T.: 2014.

19. Taslimov A.D., Rasulov A.N., Usmonov E.G., Elektr taminoti, O'quv qo'llanma,-T.: "ILM ZIYO" nashriyoti, 2012.

20. Саитов Э.Б. «Физика твердого тела», посвященной 20-летию евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева 26-28 апреля. Технология получения кремния с нанокластерами. XIII Международной научной конференции, г. 2016, с.208-209.