



KAM QUVVATLI ELEKTR STANSIYALARNI O'Z EHTIYOJI ISTE'-MOLINI FOTOELEKTR MODULLAR ORQALI TA'MINLASHNING MATEMATIK MODELI.

Safarov Xoliyor Sayyid
Safar o'g'li

(Qarshi Muhandislik Iqtisodiyot instituti)
Tel: +998 90 887 5644

Annotatsiya

Quyosh energiyasining ulkan salohiyati, ekologik tozaligi va qulayligi fotoelektrik energiyani konvertatsiya qilish texnologiyasining jadal rivojlanishini ta'minlaydi, bu esa inson faoliyatining turli sohalarida amaliy qo'llanilishini topadi. Qayta tiklanadigan manbalarga ega avtonom energiya tizimlarining asosiy texnik muammosi energiya ishlab chiqarish va iste'mol qilish rejimlarini muvofiqlashtirish zarurati bo'lib, bu energiya balansini yuqori vaqt namunalari bilan ishonchli aniqlashni talab qiladi. Fotoelektrik stansiyalarning asosiy elementlari xususiyatlarining chiziqli emasligi, shuningdek ularning tashqi omillarga bog'liqligi, ularning aksariyati stoxastik bo'lib, ularning haqiqiy ish sharoitida energiya xususiyatlarini aniqlash vazifasining yuqori murakkabligi va dolzarbligini belgilaydi.

Kalit so'z

avtonom fotoelektrik stansiya, quyosh batareyasi, quyosh radiatsiyasi, model simulyatsiyasi, MatLab, Simulink.

Kirish (Introduction): Ma'lumki quyosh energiyasi yer sayyorasini yorug'lik hamda issiqlik energiyasi bilan ta'minlovchi yagona tabiiy energiya manbai hisoblanadi. Bugungi kunda yangi texnologiyalar yordamida quyosh energiyasidan elektr energiyasini olish jadal rivojlanib bormoqda. Bu urinishlar o'zini naqadar samarador ekanligini va an'anaviy elektr energiya ishlab chiqarish tizimlariga nisbatan ekologik toza energiya ishlab chiqarishi bilan alternativ ekanligini isbotlab berdi.

Butun dunyoda bo'lgani kabi O'zbekiston Respublikasida ham fotoelektr stansiyalarda (FES) toza ekologik elektr energiya ishlab chiqarish jadal suratlarda rivojlanib bormoqda. Bunga yaqqol misol sifatida keyingi yillarda barpo etilgan 100 MVt li FES ning ishga tushirilishi hamda hukumat qarorlariga ko'ra barcha davlat va nodavlat tashkilotlar binolarini ekologik toza elektr hamda issiqlik energiyasi bilan ta'minlash maqsadida quyosh panellaridan foydalanish vazifasi qo'yilgan.

Shu munosabat bilan hozirgi kunda respublikaning yirik elektr stansiyalarida ham quyosh panellari urnatilib yoritish tizimi, avariya holatlarga zahira manbalarini yaratishdan tashqari stansiyaning o'z ehtiyoji istemolini ma'lum foizlarda qoplash maqsadida quyosh panellaridan fodalaniymoqda. Shu jumladan Talimarjon IES da ham

hozirgi vaqtda o'rnatilgan 14 ta FES larda 1884 kVt ekologik toza elektr energiyasi ishlab chiqarilib yoritish, zahira quvvat manbasini yaratish hamda stansiyaning o'z ehtiyojini 1% ni qoplash maqsadlarida foydalanilmoqda. Issiqlik Elektr Stantsiyalarida FESlarni ekspluatatsiya qilish jarayoni shuni ko'rsatdiki bir yilda keltirilgan iqtisodiy samara 3014400 kVt*soat bo'lib, u shuncha vaqt ichida 319630 m³ gazni iqtisod qilish imkoniyatini beradi. Bugungi kunda ekspluatatsiya jarayonlarida ishlatilayotgan quyosh panellarin-ing (QP) aksariyati fizik mohiyatiga ko'ra fotoelektrik o'zgartgichlar hisoblanadi. Panellarda elektro-generatsiya jarayoni yarimutkazgichlarning p-n o'tish xossasiga ko'ra yuzaga keladi.

Panellar ikkita kremniy plastinkalardan tashkil topgan bo'lib, bu plastinkalar xossalariga ko'ra bir biridan farqli xarakteristikalariga ega. Quyosh nuri panellarga tushishi oqibatida panellarning birida elektronlar konsentratsiyasi ortadi va ikkinchisida elektronlar yetishmovchiligi yuzaga keladi va o'zaro elektronlar almashinuvi natijasida elektr zaryadlari hosil bo'ladi.

Har bir plastinka uzining tok o'tkazuvchi mis tarmoqlari orqali kuchlanish uzgartgichlariga bog'langan bo'lib, plastinkalarda yuzaga keladigan elektr zaryadlarini shu uzgartgichlarga o'zatadi. Quyosh elementlarining (QE) elektr zaryad ishlab chiqarish intensevligi va xususiyatlarini aniqlashni qulay usullaridan biri bu ularni matematik modellashtirish xisoblanadi. Eksperimental analizlar katta mablag'lar talab qilgani bois oxirgi paytlarda QP ni ishlash xususiyatlarini urganishda analitik model-lashtirish usullariga kuproq e'tibor qaratilmoqda.

Hozirgi vaqtda FES tizimlarni loyihalashda radiatsiya xususiyatlarini hisoblashning yehtimollik (statistik) usullari asosan keng tarqalgan [1], ularda dastlabki ma'lumotlar sifatida uzoq muddatli meteorologik kuzatishlar natijalari asosida tuzilgan maxsus iqlim ma'lumotnomalari yoki yelektron ma'lumotlar bazalaridan foydalaniladi.

Metodlar va materiallar (Methods and materials)

Yer qobig'iga ixtiyoriy yo'naltirilgan nurning burchak og'ishi β va azimuti γ bo'yicha jami quyosh nurlanishini qabul qiluvchi sirt B. Liu tomonidan taklif qilingan usul bo'yicha hisoblanadi [1,2]:

$$R_{sum}^{\beta\gamma} = R_{pr}^{\beta\gamma} + R_{rass}^{\beta\gamma} + R_{otr}^{\beta\gamma} = R_{pr}^{gor} \frac{\cos(\theta)}{\cos(\theta_z)} + R_{rass}^{gor} \frac{1+\cos(\beta)}{2} + \rho R_{otr}^{gor} \frac{1-\cos(\beta)}{2}, \quad (1)$$

bunda $R_{sum}^{\beta\gamma}, R_{pr}^{\beta\gamma}, R_{rass}^{\beta\gamma}, R_{otr}^{\beta\gamma}$ - umumiy, bevosita, bulutlar va aerzollardagi diffuz va yer yuzasidan qaytgan radiatsiya nurlanishlarning panel og'ish sirtiga urilgan aks qiymatlari, yuqoridagilarga mos ravishda $R_{pr}^{gor}, R_{rass}^{gor}, R_{otr}^{gor}$ - gorizontaal yuzaga tushadigan bevosita, diffuz va umumiy quyosh nurlanishining qiymatlari; θ - quyosh radiatsiyasi oqimining sirtga yo'nalishi va unga normal o'rtasidagi burchak; θ_z - quyoshning zenit burchagi; ρ -yer yuzasining albedosi.

θ - burchakning qiymati [3,4] da keltirilgan tenglamani yechimi orqali aniqlanadi:

$$\cos \theta = (A - B)\sin\delta + [C\sin\omega + (D + E)\cos\omega]\cos\delta \quad (2)$$

A, B, C, D, E koeffitsientlari qo'yidagi formulalar orqali hisoblanadi: $A = \sin\varphi\cos\beta$; $B = \cos\varphi\sin\beta\cos\gamma$; $C = \sin\beta\sin\gamma$; $D = \cos\varphi\cos\beta$; $E = \sin\varphi\sin\beta\cos\gamma$,

bu yerda φ - qabul qilish platformasini o'rnatish joyidagi hududning kengligi; δ – quyoshning og'ish burchagi; β - qabul qiluvchi platformaning gorizont tekislikka moyillik burchagi; γ – azimutal o'rnatish burchagi qabul qilish joyi (janubga yo'naltirilganda $\gamma = 0^\circ$, sharqqa og'ishda γ musbat, g'arbga og'ishda γ - manfiy hisoblanadi); ω - quyoshning soat burchagi.

Quyoshning zenit burchagi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\theta_z = \arccos[\sin\varphi\sin\delta + \cos\varphi\cos\delta\cos\omega], \text{ grad.} \quad (3)$$

Quyoshning gorizont balandlik burchagi h qo'yidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$h = 90^\circ - \theta \quad (4)$$

Quyoshning A_z - azimutal joylashuv burchagi tenglamaning yechimidir:

$$\cos A_z = \frac{\sinh \sin\varphi - \sin\delta}{\cosh \cdot \cos\varphi} \quad (5)$$

Soat burchagi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\omega = 15(t - 12 - T_{yv} - \Delta T_{UTC}) + \psi, \text{ grad.} \quad (6)$$

bu yerda t - joriy rasmiy mahalliy vaqt, soat; ΔT_{UTC} – mahalliy vaqt va Grinich vaqti o'rtasidagi farq, soat; ψ – qabul qilish maydonini joylashtirish nuqtasining geografik uzunligi, grad.

Vaqt tenglamasida, vaqtni tuzatish omili qo'yidagi formula bilan aniqlanadi:

$$T_{yv} = \frac{1}{60} [9,87 \sin(2B) - 7,53 \cos(B) - 1,5 \sin(B)], \quad (7)$$

bu yerda $B=B_0(N-81)$, grad. ; $B_0=360/365$; N - yil boshidan kalendar kuni raqami.

Burilish burchagi Kuper formulasi yordamida topiladi [4]:

$$\delta = 23,45 \sin [B_0(N + 284)], \quad (8)$$

Quyosh vaqtiga ko'ra, Quyoshning chiqishi ω_{sr} va quyosh botishi ω_{ss} burchaklari quyidagi ifodalardan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} \omega_{sr} &= 0 - \arccos[-tg\varphi tg\delta]; \\ \omega_{ss} &= 0 + \arccos[-tg\varphi tg\delta]. \end{aligned} \quad (9)$$

Muayyan hududga tushadigan quyosh nurlanishining haqiqiy xususiyatlarini hisobga olish uchun modellashtirish ma'lumotlar bazasidan olingan ma'lum bir oy uchun K_T atmosfera shaffofligi indeksining o'rtacha qiymatlaridan foydalanadi. Bunday holda, shaffoflik indeksi, joriy kunlik quyosh radiatsiyasi qiymatlari bilan ma'lum oyning bir kunlik o'rtacha qiymatiga teng deb olinadi:

$$K_T = \frac{R_{sum}^{gor}}{R_0}, \quad (10)$$

bu yerda R_0 - gorizont sirtidagi atmosferadan tashqari nurlanish, Spenser formulasi bilan aniqlanadi [4,5]:

$$R_0 = R_{sun} [1 + 0.033 \cos(B_0 N)] \cos\theta_z \quad (11)$$

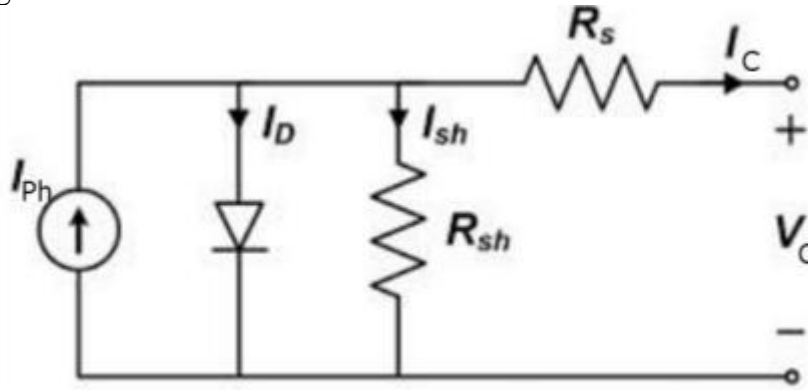
Bunda $R_{sun} = 1367 \text{ Vt/m}^2$ quyosh doimiysi.

Gorizont sirtga kelayotgan tarqoq radiatsiya miqdori, tarqoq nurlanishning umumiy nurlanishdagi ulushini tavsiflovchi diffuz koeffitsienti K_D orqali aniqlanadi:

$$K_D = \frac{R_{rass}^{gor}}{R_{sum}^{gor}} \quad (12)$$

K_D ni topish uchun foydalaniladigan metodologiya [6,7] adabiyotda batafsil keltirilgan.

QP ning tuzilishi bir qator seriyali parallel kombinatsiyalardan qurilgan fotoelektrik quyosh elementlaridan iborat uning yekivalent sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan.



Rasm 1. QP ning ekvivalent sxemasi.

Figure 1. An equivalent scheme of QP.

QP ning chiqish toki quyidagicha aniqlanadi [6]:

$$I = I_{PH} - I_D - I_{SH} = I_{PH} - I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{q(V+I \cdot R_s)}{A \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right] - \frac{V+I \cdot R_s}{R_{SH}} \quad (13)$$

Bunda I, V QP ning tok va kuchlanish qiymatlari, I_{PH} – fototok, I_0 – diodning teskari oqimdagi

tuyinish toki, R_s, R_{SH} – QP ning ketma-ket va shuntlovchi qarshiliklari, T – QP ning absolyut temperaturasi, A – diodning ideal koeffitsienti, $q = 1.602 \cdot 10^{-19}$ Kulon – zaryad elektrona, $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Dj/K⁰ – Bolsman doimiysi.

Umumiy qabul qilingan taxminlardan foydalanib, fototok oqimi I_{PH} va diodning teskari oqim toki I_0 ni quyidagi ifodalardan aniqlash mumkin:

$$I_{PH} = [I_{SC_STC} + k_1 \cdot (T - T_{STC})] \cdot G \quad (14)$$

Bunda I_{SC_STC} – standart sharoitlarda fotoelektrik konvertorning qisqa tutashuv toki; k_1 – qisqa tutashuv tokining harorati koeffitsienti;

T_{STC} – Standart sharoitlardagi yacheyka harorati; G – quyosh nurlanishining radiatsiya qiymati, Vt / m²

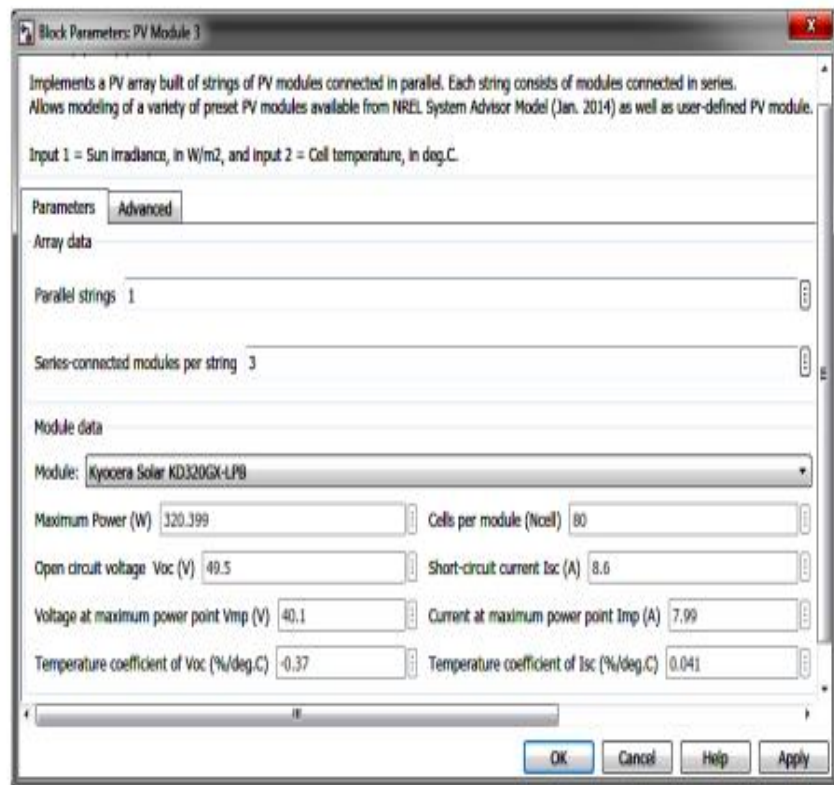
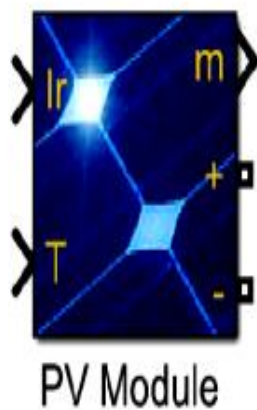
$$I_0 = \left[\frac{I_{SC_STC}}{\exp\left(\frac{q \cdot V_{OC_STC}}{A \cdot k \cdot T_{STC}}\right) - 1} \right] \cdot \left(\frac{T}{T_{STC}}\right)^3 \cdot \exp\left[\frac{q \cdot E_G}{k \cdot A} \left(\frac{1}{T_{STC}} - \frac{1}{T}\right)\right] \quad (15)$$

bu yerda $q = 1.602 \cdot 10^{-19}$ Kulon yelektron zaryadi; $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Dj / K⁰, Bolsman doimiysi; A – diodning ideallik koeffitsienti (1 dan 5 gacha qiymatlarni oladi); E_G – yarimo'tkazgichning taqiqlangan yenergiya diapazoni kengligi (ishlatiladigan QP turi bilan belgilanadi).

Fotoelektrik modullar (FM) ko'p sonli bir xil quyosh batareyalaridan iborat bo'lib, ketma-ket va parallel ulangan sxemalardan iborat, ular kuchlanish va chiqish quvvatini oshirish imkonini beradi. (13,14, 15)-tenglamalar FM ning sirt harorati va

quyosh nurlanishining intensivligiga bog‘liq bo‘lgan beshta noma‘lum parametrlarni (I_{PH} , I_0 , A , R_s , R_{SH}) o‘z ichiga oladi.

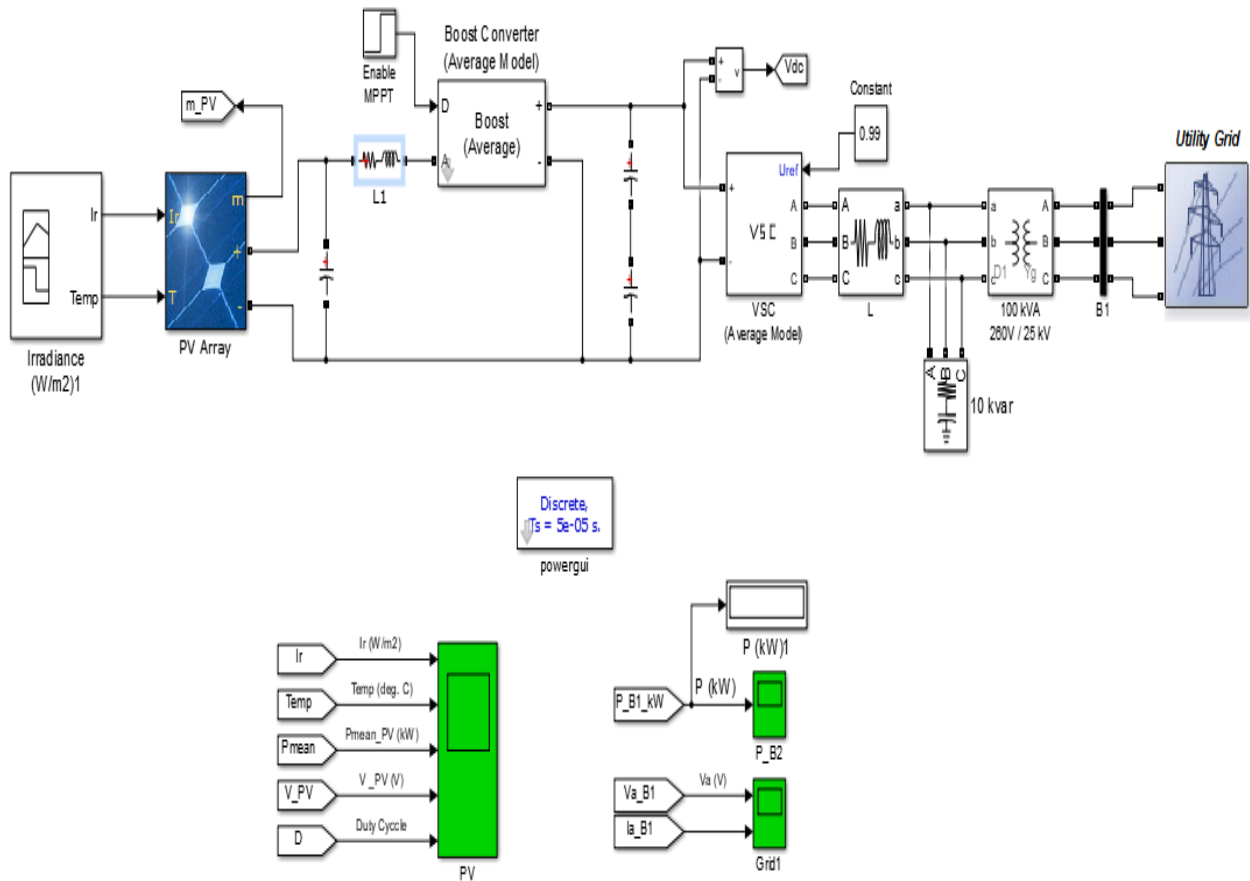
Modelning kirish o‘zgaruvchilari quyosh nurlanishining qiymatlari va FM sirt harorati, chiqish o‘zgaruvchilari QP ning klemmalarida kuchlanish va tok orqali ifodalanadi [8,9,10]. Model parametrlarini kiritish uchun dialog oynasi 2-rasmda ko‘rsatilgan.



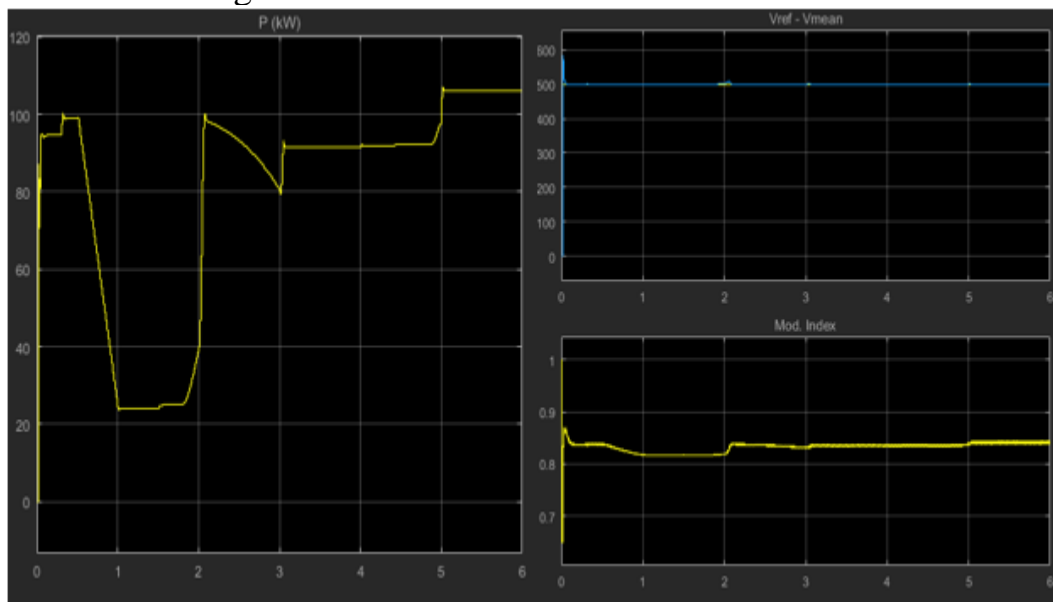
Rasm 2. Fotoelektrik parametrlarini kiritish uchun Dialog oynasi.

Figure 2. Dialog box for entering photoelectric parameters.

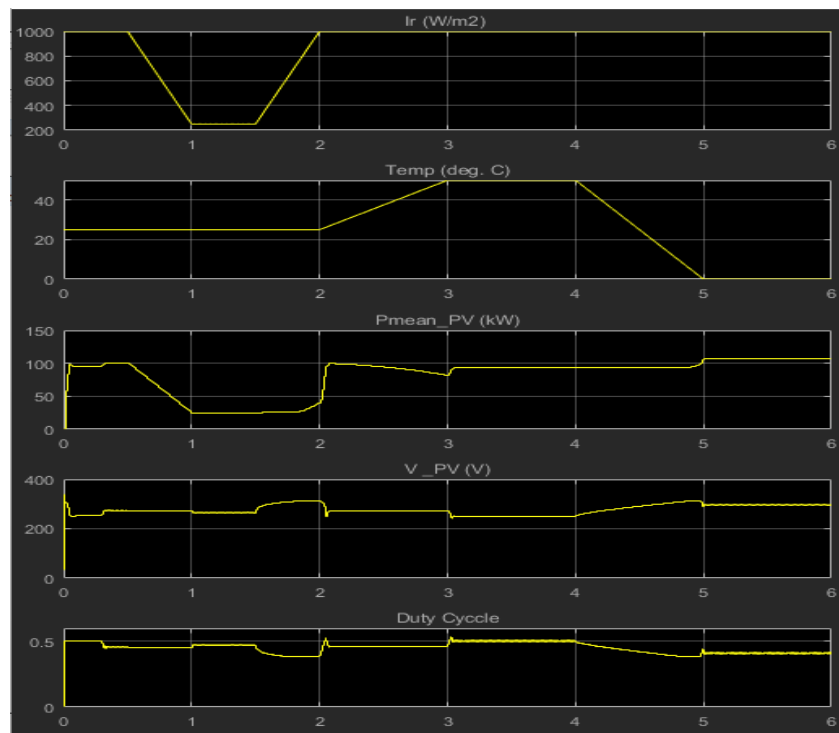
Tahlil va natijalar: Quyosh panelini simulyatsiya qilish MATLAB / Simulink dasturining elementlari yordamida, 1-15 tenglamalarga muvofiq amalga oshirildi. Kompyuter modeli Kyocera KD320GX-LPB tipidagi kremniy monokristalli elementlar uchun ishlab chiqilgan (3-rasm).



Rasm 3 . MatLab/Simulinkdagi FES modeli.
 Fig. 3. The FES model in MatLab/Simulink.



a. Quyosh nurlanish jarayoni b. O'zgaras tok liniyasidagi o'zgarishining FES quvvatiga kuchlanish $V_{ref} = 500 \text{ V}$ ta'siri. darajasida rostlanishi.



c) QP ning energiya xususiyatlarini hisoblash natijalari.

Rasm 4 a, b, c da noteks yorug'lik tushishi sharoitida QP ning energiya xususiyatlarini hisoblash natijalari keltirilgan.

Fig. 4 a, b, c shows the results of calculating the energy characteristics of QP under conditions of uneven light incidence.

Modellashtirishning natijalari FESning ishlashi paytida fizik harorat jarayonlarining tabiatini yaxshi aks ettiradi. Rasm 4 c) shuni ko'rsatadiki, kunning traektoral soatlarida, yer yuzasida quyosh nurlanishi bo'lmaganda, TFM ning xarorati atrof-muhit haroratiga teng, agar u SB tomonidan yoritilsa uning harorati oshadi va kiruvchi quyosh nurlanishining intensivligi qanchalik katta bo'lsa uning xarorati xam shuncha katta bo'ladi. TFM maksimal qiymatiga taxminan kunduzi soat 16 lar atrofida erishadi, bunda TFM ning atrof-muhit haroratidan ustunligi 19 °S gacha yetadi.

$T = 0,6$ dan $1,1$ gacha quyosh nurlanishining intensivligi 1000 Vt/m^2 dan 250 Vt/m^2 gacha kamayadi.

$T = 1,2$ s da, radiatsiya intensivligi 250 Vt/m^2 ga tushganda, $DC = 0,461$ ni tashkil qiladi. Fotoelektrik konvertorning mos keladigan kuchlanishi va quvvati $V_{PV} = 268 \text{ V}$ va $PV = 24,3 \text{ kVt}$ ligi aniqlandi.

$T = 1,2$ dan $2,5$ soniya vaqt oralig'ida quyosh nurlanishining intensivligi 1000 Vt/m^2 ga tiklanadi va keyin harorat $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ga ko'tariladi.

Harorat ko'tarilishining ta'sirini baholash qo'yidagicha amalga oshiriladi, harorat $25\text{ }^\circ\text{C}$ dan $50\text{ }^\circ\text{C}$ ko'tarilganda, panellarning chiqish quvvati $100,7 \text{ kVt}$ dan 93 kVt gacha kamayadi.

Yilning boshqa xarakterli kunlari uchun o'tkazilgan shunga o'xshash ko'plab hisob-kitoblar quyidagilarni tanlashga imkon beradi [11,12,13,14], ya'ni FES va yuklamalarning asosiy jihozlarini turi va o'rnatilgan quvvatini muvofiqlashtirishga va iste'molchilarni kafolatlangan elektr ta'minotini bilan ta'minlashga.

Xulosalar (Conclusion)

1. Quyosh panellarining kompyuter Matlab/Simulinkda imitatsion modeli ishlab chiqildi, shu jumladan quyosh elementlari va aktiv yuklama o'zgarishlari ko'rib chiqilgan. Quyosh panelining modeli modulli prinsipga muvofiq amalga oshirilgan.

2. Quyosh insolyasiyasi darajasi va atrof-muhit haroratini hisobga olgan holda quyosh panellarining xususiyatlarini hisoblash imkonini beruvchi modellar ishlangan.

3. Dastlabki modellashtirish ma'lumotlari hududning kengligi va uzunligi, o'rtacha kunlik FES o'rnatish joyida shamol tezligi, atmosfera shaffofligi indeksi, yerning sirt albedosi, yil kunining soni, QP o'rnatilishining azimutal va vertikal burchaklari, quyosh trekeri turi, o'rtacha kunlik havo harorati va uning kunlik amplitudasi, maksimal haroratning mahalliy vaqti, FM ning texnik xususiyatlari ko'rib chiqilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Liu B.Y.H., Jordan R.C. Daily insolation on surfaces tilted towards the equator // ASHRAE Journal. – 1961. – V. 3. – P. 53–59.

2. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. fourth edition. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2013. – 910 p.

3. The NASA Surface Meteorology and Solar Energy Data Set. URL: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/> (дата обращения: 14.03.2017).

4. World Radiation Data Centre. URL: <http://wrdc.mgo.rssi.ru/> (дата обращения: 14.03.2017).

5. Jones A.D., Underwood C.P. A thermal model for photovoltaic systems // Solar Energy. – 2001. – V. 70 (4). – P. 349–359

6. Obukhov S.G., Plotnikov I.A. Simulation model of operation of autonomous

7. Photovoltaic plant under actual operating conditions // Bull. Tomsk Polytech. Univ. Geo Assets Eng. 2017.

8. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы её развития /под ред. Салимова А.У. – Т.: Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi, 2021. – 952 с.

9. Интеллектуальное развитие электроэнергетики с участием активного потребителя / под ред. Бушуева В.В. – М.: Энергия, 2013. – 84 с.

10. Воротицкий В.Э. Энергосбережение и повышение энергоэффективности в электрических сетях: Справочно-методическое издание /под ред. А.Г. Вакулко. – М.: Интехэнерго-Издат, 2016. – 336 с.

11. Троицкий-Марков Т.Е. Научно-методические принципы энергосбережения и энергоаудита. /Том 1. Научно-методические принципы энергоаудита и энергоменеджмента. – М.: Наука, 2005. – 537 с.

12. Аллаев К.Р., Мирзабаев А.М., Шаисматов С.Э. и др. Обеспечение качества электрической энергии. – Т.: Fan va texnologiya, 2019.

13. Насыров Т.Х. Основы общей теории нормальных и аварийных режимов энергосистем. – Т.: «Фан ва технология», 2015,- 224 с.

14. Насыров Т.Х., Ситдиқов Р.А. и др. Методы повышения эффективности режимов электрических сетей энергосистем. – Т.: Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи, 2020. – 276 с.