

---

**MATLAB/SIMULINK MUHITIDA QUYOSH PANELLARNI  
MODELLASHTIRISH.****Isroilova Dilafro'z Nurali qizi***Guliston davlat universiteti magistranti.***MAQOLA  
MALUMOTI****ANNOTATSIYA:****MAQOLA TARIXI:***Received:27.10.2025**Revised: 28.10.2025**Accepted:29.10.2025***KALIT SO'ZLAR:**

*Quyosh energetikasi,  
quyosh panellari  
degradatsiyasi, Simulink  
muhit, qayta tiklanuvchi  
energiya manbalari,  
quyosh nurlanish  
intensivligi, matematik  
model...*

*Quyosh panellarning samaradorligi bir nechta  
tashqi va uchki omillarga bog'liq. Tashqi omillar,  
quyosh radiyasiyasi, temperature, shamol tezligi,  
namligi va bosimi va boshqa omillar kiradi. Ichki  
omillarga tayyorlanish texnologiyasi,  
birikmalarining kontakt sohalari otishlar, diod  
sohasidagi impulsar kabi bir qancha omillarni  
keltirish mumkin.*

*Quyosh panellari real iqlim sharoitlarida tashqi  
ta'sirlan natijasida yuza qismi-ning chang qoplash,  
yuza qatlamining rangini o'zgarish, issiqlik  
nutqalarining paydo bo'lish, havo pufakchalarining  
paydo bo'lish kabi nuqsonlar quyosh panellarining  
degradatsiyasiga sabab bo'ladi.*

Keyingi paytlarda quyosh panellarning chiqish parametrlarini matematik modellashtirish usullaridan foydalanib yaxshi natijalarga erishilmoqda. Biroq, quyosh fotoelektrstantsiyalarning ikkita muhim kamchiliklari mavjud:

- eksplutatsiya jarayonida ularning texnik xarakteristikalarini o'zgaruvchanligi;
- elektr energiya ishlab chiqarishi iqlim o'zgarishi bog'liqligi.

Quyosh panellarni har-xil sharoitlarda qo'llash sohasining kengayishi ba'zi hollarda ularning chiqish parametrlari o'zgaruvchanligini aniqlash zarurati tug'iladi. Turli yorug'lik intensivligi va tashqi temperaturaning o'zgarishi ta'sirida quyosh panellar parametrlari o'zgarishini tahlil qilishda kompyuterli modellashtirish usulidan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Hozirgi kunda, ko'pgina dunyo olimlari quyosh panellar VAXlari va chiqish parametrlarini modellashtirish bilan shug'ullanishadi.

Quyosh elementning bir diodli ekvivalent sxemasini matematik va kompyuterli modellashtirish natijalarini tahlil qilamiz. Buning uchun Matlab/Simulink muhitida quyosh panel modelini ishlab chiqamiz. Imitatsion model quyosh element VAXlarining uch parametrlari analitik modeliga asoslandi.

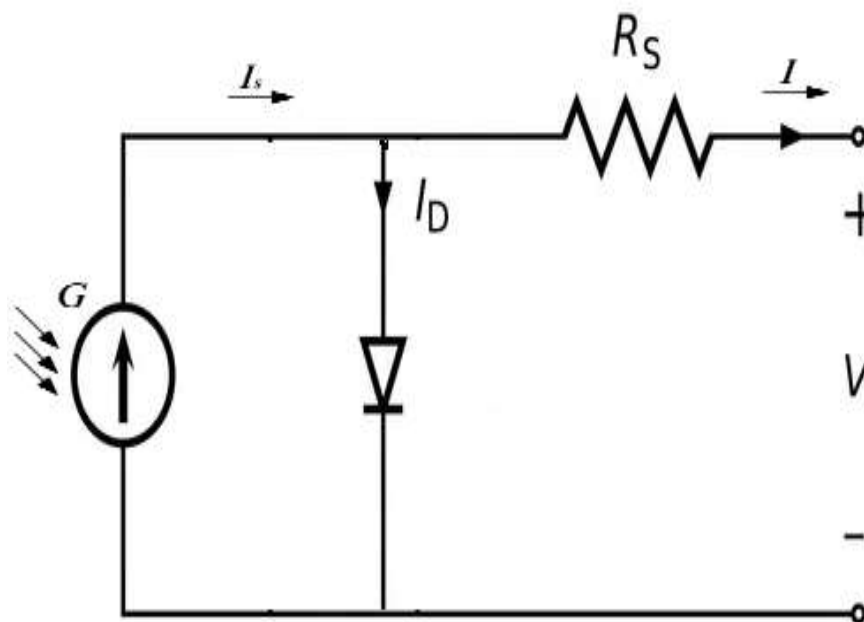
Ishlab chiqilgan matematik modelda nurlanish intensivligini o'zgartirish hisobiga, chiqish quvvati, kuchlanishi va toklari, hamda VAXlari o'rganildi. Modellashtirish natijalari tajriba bilan solishtirilganda tafovut 4% dan oshmadi.

Quyosh panel quyosh elementlarining matematik modeli quyosh panellarning toki  $I(A)$  va kuchlanish  $U(V)$ ning kerakli qiymatlarini ta'minlash uchun ketma-ket va parallel ravishda ulangan ko'plagan quyosh elementlardan iborat.

Ma'lumki, quyosh element fotoeffekt xodisasiga asoslangan bo'lib, quyosh nurlanishi energiyasini elektr energiyaga aylantirib beradi. quyosh element matematik modelining ekvivalent sxemasi 3.7-rasmda keltirilgan. Ushbu quyosh fotoelementining ekvivalent sxemasida fotoelement (fototok generatori), diod, ketma-ket qarshilik ( $R_s$ ), shunt qarshilik ( $R_{sh}$ ) mavjud.

Quyosh elementlarda elektr toki hosil bo'lish jarayoni asosida fotonlarning yarimo'tkazgichda yutilishida hosil bo'lgan elektron-teshik juftliklarining  $r - n$ -o'tish sohasida ajralish jarayoni yotadi.

Quyosh nurlanish intensivligi  $J(WG \cdot m^2)$ , quyosh panelning chiqish toki  $I(A)$ ga, temperaturasi  $T(^{\circ}C)$ ga va chiqish kuchlanishi  $U(V)$ ga ta'sir qilishi aniqlangan. Yorug'lik intensivligi  $J(WG \cdot m^2)$  qiymatining ortishiga bog'liq holda quyosh panelning temperaturasi asta-sekin oshib boradi, bunda qisqa tutashuv toki  $I_{SC}(A)$ ning qiymati bir-oz ko'tarilishi, yuklamasiz kuchlanish  $U_{oc}(V)$  qiymati esa biroz kamayishi kuzatiladi.



**3.7-rasm. Quyosh elementining ekvivalent sxemasi.**

Fototok oqimi ( $I_{ph}$ )ning manbai, bu quyosh nurlanish intensivligiga bog'liq bo'lgan fototokdir, diod D quyosh panelning mukammal bo'lmagan (noideallik faktori  $n$  bo'lgan)  $p - n$ -o'tish chegarasidan o'tgan tok oqimi ( $I_d$ )ni bildiradi. quyosh elementning ekvivalent sxemasidagi ketma-ket ulangan ( $R_s$ ) qarshilik parazitlar parametrlarni o'z ichiga oladi. Ketma-ket ulangan  $R_s$  qarshilik quyosh panelning ishlab chiqarish texnologiyasiga bog'liq va uning ishlashiga katta ta'sir qiladi,  $R_s$  ortganda quyosh panelning quvvati  $P_{max}$  kamayadi [87; 26-34- b].

Matematik modelning etarli darajadagi aniqligiga quyosh elementlar ichki qarshiliklarining qiymatlari aniq bo'lgan hollardagina erishish mumkin. Modellashtirish qoidasiga ko'ra, nazariy VAX bilan eksperimental VAX natijalarida tizimli og'ishlar kuzatiladi, bu esa tok kuchining o'zgaruvchan qiymatlari va kuchlanish gradientlarining natijasidir.

quyosh elementning ekvivalent sxemasida tok  $I(A)$  va kuchlanish  $U(V)$ ning bog'liqligini, Kirxgof qoidasiga ko'ra, fototok  $I_{ph}(A)$  va diod tokini  $I_d(A)$  qiymatlarini tenglashtirib, ishchi tok  $I(A)$ ni quyidagi formulalar orqali topish mumkin:

$$I = I_{ph} - I_d ; \quad (3.15)$$



$$I = I_{ph} - I_{sat} \left[ e^{\frac{q(U+IR_s)}{nkT}} - 1 \right]; \quad (3.16)$$

bunda:  $I_{ph}$  – fototok [A];  $I_{sat}$  – diodning teskari to'yinganlik toki [A];  $R_s$  – ketma-ket qarshilik [Om];  $U$  – ishchi kuchlanish [V];  $I$  – ishchi tok [A];  $q = 1,602 \cdot 10^{-19}$  Kl;  $n$  – diodning noideallik faktori;  $k = 1,38 \cdot 10^{-38}$  j/K – Boltsman doimiysi;  $T$  – temperatura [°K].

quyosh panel ishlab chiqarayotgan quvvat  $P(W)$ ni quyidagi formuladan hisoblab topish mumkin:

$$P = I \cdot U = U \left( I_{ph} - I_{sat} e^{\frac{q(U+IR_s)}{nkT}} - 1 \right); \quad (3.17)$$

Quyosh panelning chiqish toki  $I_{ph}(A)$  to'g'ridan-to'g'ri quyosh nurlanish intensivligi  $J(W/m^2)$ ga proporsionaldir. quyosh panelning chiqish toki  $I(A)$  quyidagi formula orqali hisoblab topiladi [80;20448-b]:

$$I_{ph} = (G, T) = I_{stc} \cdot \frac{G_r}{G_{stc}} + \beta_{scT} \cdot (T_r - T_{stc}); \quad (3.18)$$

bunda:  $I_{stc}$  – standart normal sharoitdagi qisqa tutashuv toki, [A];  $G_r$  – real sharoitdagi quyosh nurlanish intensivligi [ $W/m^2$ ];  $G_{stc}$  – standart (normal) sharoitdagi quyosh nurlanish intensivligi, [ $1000 W/m^2$ ];  $\beta_{scT}$  – qisqa tutashuv tokining temperatura koeffitsienti, [%/°S];  $T_r$  – real sharoitdagi quyosh panelning temperaturasi, [°S];  $T_{stc}$  – quyosh panelning standart (normal) sharoitdagi (25 °S) temperaturasi, [°S].

Quyosh panel berayotgan quvvatga temperaturaning ta'sirini baholash uchun quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$P_{pv} = P_0 \cdot (1 + \beta \Delta t); \quad (4.19)$$

bu erda:  $P_{pv}$  – quyosh panelning chiqish quvvati, [W];  $P_0$  – quyosh panelning 25°S dagi chiqish quvvati, [W];  $\beta$  – quyosh panel quvvatining temperatura koeffitsienti, [%/°S];  $\Delta t$  – quyosh paneli temperaturasi o'zgarishi, [°S].

Bunda temperatura koeffitsienti  $\beta$ (%°S), quyosh panel temperaturasi har bir daraja °S (Selsiy) bo'yicha bir necha milliampnerni tashkil etadigan temperatura farqini hisobga oladi va u quyosh panelning chiqish toki  $I_{ph}(A)$  va kuchlanishiga ta'sir qiladi.

Agar real sharoitda quyosh panelning temperaturasi  $T$  ( $^{\circ}\text{S}$ ) oshib ketsa, chiqish kuchlanishi  $U(\text{V})$  va chiqish quvvati  $P_{\text{pv}}(\text{W})$  kamayib ketadi va chiqish toki  $I(\text{A})$  esa ortadi [72;47-50-b, 77;1888-1891-b].

Quyosh panelning qisqa tutashuv zanjiridagi chiqish kuchlanish  $U_{\text{os}}(\text{V})$ ning qiymati quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$U_{oc}(GT) = U_{ocs} + \beta_{ocT}(T - T_s) + kT/q \cdot \ln(I_{\text{mpp}}/I_{\text{scs}}); \quad (4.20)$$

bunda:  $U_{ocs}$  – normal standart sharoitdagi qisqa tutashuv zanjiridagi chiqish kuchlanish [V];  $\beta_{ocT}$ -qisqa tutashuv zanjiridagi chiqish kuchlanishning temperatura koeffitsienti [ $\%/^{\circ}\text{C}$ ];  $I_{\text{mpp}}$ -quyosh panelning to'yinish toki [A];  $I_{\text{scs}}$  normal standart sharoitdagi qisqa tutashuv zanjiridagi chiqish toki [A].

Yuqoridagi formulalardan foydalanib, quyosh panel temperaturasi oshishi hisobiga, chiqish parametrlari: quvvati  $P(\text{W})$ , kuchlanishi  $U(\text{V})$ , toki  $I(\text{A})$ , hamda VAXlarining o'zgarishlari Matlab/Simulink muhitida keltiramiz.

Modullashtirish uchun HANHWA kompaniyasining HSL250 turdagi quyosh panel olindi. 4.6-jadvalda quyosh panelning texnik xarakteristikalarini keltirilgan [79; 20436-b].

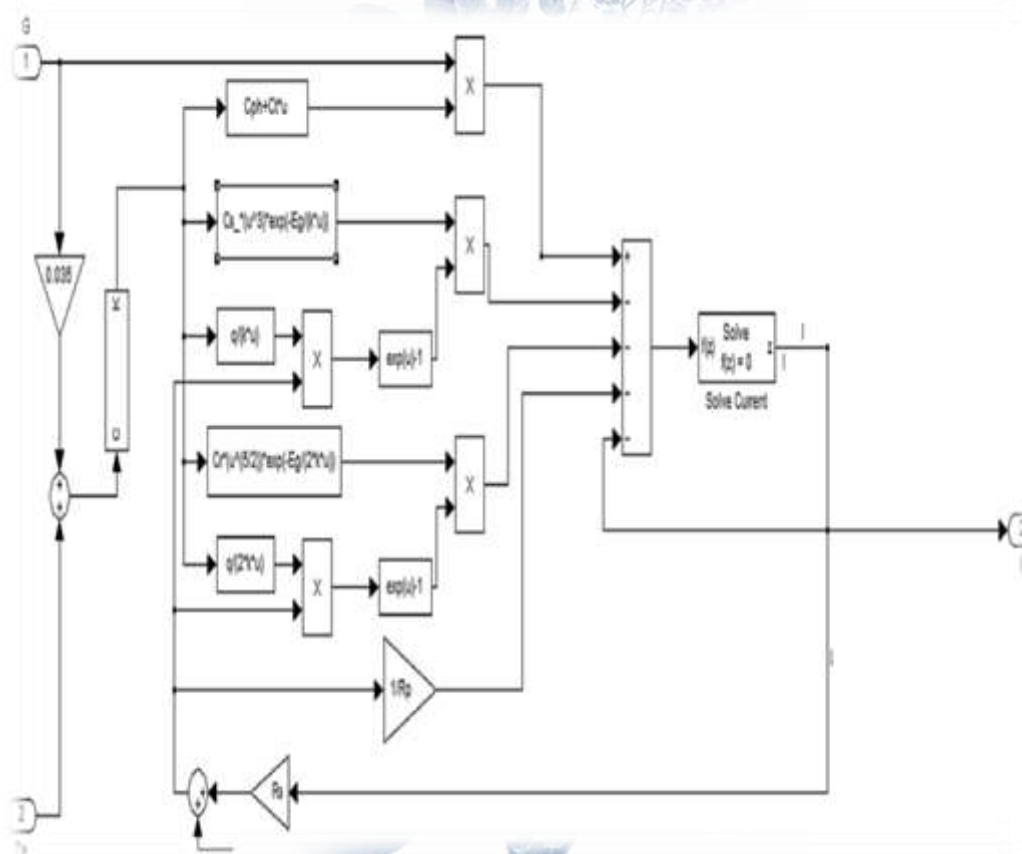
4.6-jadval

HANHWA kompaniyasining HSL250 turdagi quyosh panelining texnik xarakteristikalarini

| Quyosh panelining energetik parametrlari | Quyosh paneli parametrlarining qiymatlari      |
|------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Model</b>                             | <b>HSL 250</b>                                 |
| Rated Power                              | 250 W                                          |
| Voltage at $P_{\text{max}}$              | 30.4V                                          |
| Current at $P_{\text{max}}$              | 8.23A                                          |
| Short-circuit current                    | 8.79A                                          |
| Open-circuit voltage                     | 37.7V                                          |
| Operation Temperature                    | $-38^{\circ}\text{C} \sim +87^{\circ}\text{C}$ |
| Module efficiency                        | 15.5%                                          |
| Temperature Coefficients $I_{\text{sc}}$ | $+0.63 \%/^{\circ}\text{C}$                    |

|                                   |                             |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Temperature Coefficients $P_M$    | 0.41 %/ $^{\circ}\text{C}$  |
| Temperature Coefficients $V_{oc}$ | -0.31 %/ $^{\circ}\text{C}$ |
| Series resistance                 | 0.333 $\Omega$              |
| Parallel resistance               | 345.52 $\Omega$             |
| Silicon type                      | poli-cristal                |

Yuqoridagi formulalar va 4.6-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan foydalanib, (4.6) ifoda Matlab/Simulink muhitida chiqish tokini hisoblash konturini 4.8-rasmda keltiramiz.



### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Gi-Hwan Kang et al. 2010. Investigation of aging phenomenon and power drop rate with field exposed PV модульс. In: Proceedings of the 25th EUPVSCE, Valencia. -p. 4015-4018.

2. International Electrotechnical Commission, 1987. Standard IEC 61215: Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic (PV) Модульс. Design Qualification and Type Approval IEC Central Office, Geneva, Switzerland.

3. World Bank Group, Global Solar Atlas, Solargis, URL:

4. [https://solarhome.ru/buyer\\_guide/tips\\_select\\_pv.htm/](https://solarhome.ru/buyer_guide/tips_select_pv.htm/)

5. Камиллов М.М. Қуёш панелларининг чиқиш характеристикаларига таъсир этувчи омилларни ўрганиш ва аниқлаш. / «Яримўтказгичли микро-электроника, нанотехнологиялар ва ноанъанавий энергия манбалари физика-сининг долзарб муаммолари» мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. 2021 йил 7-8 октябрь, Андижон ш. 108-109 б.б.

6. ГОСТ 8.273-78. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений потока излучения от  $1 \cdot 10$  в ст. минус 6 до  $1 \cdot 10$  в ст. минус 2 вт в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,4 мкм. Дата введения – 01.01.1979 г. (Интернет ресурс). Дата просмотра – 14.06.2022 г.