

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2025)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/GMYR4462>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/FXLT3074>

***А. С. Расмухаметова¹, К. С. Олжабаева²,
Ж. Г. Қазыбек³, А. Е. Нұрғали⁴, Н. А. Нұрқасен⁵**

^{1,2,3,4,5}Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1376-6112>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2018-8835>

³ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0230-8308>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3678-9099>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9315-7312>

*e-mail: a.rasmukhametova@aues.kz

КҮН ПАНЕЛЬДЕРІНІҢ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

Ұсынылған мақаланың негізгі мақсаты – қолданылатын фотоэлектрлік жүйелердің түрлері мен олардың құрамдарына, негізгі блоктар мен фотоэлектрлік қондырғылардың жұмыс жасау принциптеріне зерттеу жұмыстарын жүргізу болып табылады.

Мақалада күн батареяларының вольт-амперлік сипаттамасы және сондай-ақ жүктеме сипаттамасы жасалған. Сонымен қатар, 400 Вт күн панелінің вольт-амперлік сипаттамасының анықтау нәтижелері келтірілген және белгілі бір күн панелінің оңтайлы жүктемесін модельдеу, вольт-амперлік сипаттамасын зертханалық зерттеулер нәтижесімен салыстыру толыққанды жүргізілген. Зерттеу барысында алынған шамалар негізінде күн батареясының элементтерінің вольт-амперлік сипаттамасы құрылған болатын. Осының арқасында фотоэлектрлік компоненттің қуатын бағалауға жақсы мүмкіндік туындайды. Фотоэлектрлік жүйелерді жобалау кезінде алдын-ала модельдеу фотоэлектрлік жүйенің жұмысының әртүрлі конфигурация жағдайын қарастыруға, энергетикалық тиімділікті арттыру үшін технологиялық шешімдерді модельдеп алуға жол ашады. Модельдеу үшін қолданылатын арнайы бағдарлама Matlab Simulink қосымшасы арқылы жүзеге асырылды. Өзірленген модель температура, жарық, сәулелердің түсу бұрышы, фотоэлементтердің деградациясы секілді әртүрлі факторлардың әсерін зерттеуге, сондай-ақ вольт-амперлік сипаттамасының (BAC) және ватт-вольттік сипаттамасының (BVC) графиктерін құру

арқылы фотоэлементтің жұмысы туралы толық әрі көрнекі түсінік алуға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: монокристалды күн батареясы, гибриді фотоэлектрлік инвертор, жүктеме, вольт-амперлік сипаттама, жартылай өткізгіш.

Кіріспе

Күн электр станциялары қазіргі таңда көптеген адамдардың күнделікті өмірінде кеңінен қолданылады, олардың жұмыс істеу принципі тікелей күн сәулелерінің энергиясынан электр энергиясын өндіруге негізделген. Күн сайын жұмыс істейтін панельдердің саны мен олардың өндіретін қуаты артып келе жатқаны да ақиқат.

Күн қондырғыларын жасау үшін, жартылай өткізгіш ретінде көп кремний қолданылады, ол жартылай өткізгіш қызметін атқарады және панель бетіне түскен күн сәулесінен электр тогын өндіреді. Айта кету керек, ол үшін пайдалы әсер коэффициенті жоғары, монокристалды таза кремний қолданылады. Панельді құрастыру кезінде әр ұяшықтың жүйелері қаншалықты сапалы орындалғанына ерекше назар аударылу керек, себебі батарея қуаты қанша болатыны маңызды әрине, бірақ бұл ең бастысы емес, әр кезде сапа әр элементте жоғары болу керек [1, 9-6].

Әрбір ұяшықтың өлшемі – ең маңызды параметр болып табылады, және де ол әр панельде әртүрлі өлшемдер болғанына қарамастан, әр жеке батареядағы әр ұяшықтың өлшемдері қалғандарымен бірдей болуы қажет деген сөз. Мұндай қатаң талаптар әрбір элементтің сапасына тікелей байланысты, себебі әрбір кішкентай элементтің сапасы неғұрлым жоғары болса, жалпы орнату сапасы және шығыс қуаты соғұрлым жоғары болады.

Күн панелінің вольт-амперлік сипаттамасы тиімділікке тікелей байланысты және ең алдымен ол бағалау орнату кезінде қарастырылатын маңызды параметрлердің бірі. Жалпы орнату қуаты әр ұяшықтың қуатының қосындысы екенін ескере отырсақ, барлығы пайдаланылатын әр ұяшықты бағалауға дейін жеңілдетіледі. [2, 3-6].

Жалпы айтқанда, вольт-амперлік сипаттама токтың оған қолданылған тізбек бойымен өткен кернеуге байланысты қалай өзгеретінін көрсетеді. Күн электр станциялары үшін жасалған арнайы стандартты вольт-амперлік сипаттама көрсеткіштері бар, олар кез келген елде күн панельдерінің әр түрлі модельдерінде вольт-амперлік сипаттамасын жобалау үшін пайдаланылады. Панельдің вольт-амперлік сипаттамасын өлшеу үшін оны 45° ендікке орналастырады, ондағы температура 25° C-қа тең етіп орнатылады, ал батареялардың әр шаршы метріне түсетін сәулелердің қуаты 1000 Вт болуы керек [3, 23-6].

Материалдар мен әдістері

Күн сәулесінің энергиясын электр энергиясына айналдыру, электр панельдерінің вольт-амперлік сипаттамасын зерттеу деген, фотоэлектрлік энергия генерациясы жартылай өткізгіште электромагниттік сәулеленуді сіңірген кезде оң және теріс заряд тасымалдаушылардың кеңістіктік бөлінуіне байланысты және электр өрісі болған кезде бұл зарядтар сыртқы тізбекте электр тогын тудыруы мүмкін.

Жартылай өткізгіш немесе металл-жартылай өткізгіш шамамен 0,5В потенциалдар айырымен және $200 \text{ A} \cdot \text{м}^2$ ток тығыздығын, $1 \text{ кВт} \cdot \text{м}^2$ инсоляция мөлшері кезінде тудырады. Орташа сәулелену кезінде, өнеркәсіптік фотоэлементтердің пайдалы әсер коэффициенті 10-20 % жетеді, және күніне $1\text{-}2 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{м}^2$ электр энергиясын өндіреді.

Панель түрі: шағын Silasolar 400W (Twin Power).

Sila Solar 400W PERC 5 BB (TP) бұл – монокристалды Half cell PERC технологиясы қолданылған күн панелі, ПЭК-і 22,05 % және қуаты 400 Вт панелінің габариттерімен сәйкес, яғни бірлік аумақтан 14 %-ға артық қуат алынады [4, 111-6]. Бұл күн панелі автаномды немесе резервтік электрмен жабдықтау жүйелерінде қолданылады. Толықтық үшін бұл жүйеде аккумуляторлық батареялар, инверторлар және заряд контроллері қолданылады [5; 6].

Жалпы параметрлер:



SIM 400-24-5 BB-PERC (Twin Power) моделі;

Түрі: монокристалды PERC (Twin Power);

Қуаты 400 Вт;

Элементтер саны 144 дана (12 x 12);

Жұмыс тогы 9,92 А;

Жұмыс кернеуі 40,36 В;

Қысқа тұйықталу тогы 10,86 А;

Максималды кернеу 1000 В;

Қызмет ету мерзімі кемінде 30 жыл;

Температура режимдері – 40 °С + 85 °С;

10 кВт гибриді фотоэлектрлік инвертор жүктемені қолдана отырып, қосылған жүктемелерді фотоэлектрлік энергия және желі энергиясы мен батарея энергиясы арқылы қуаттай алады [7; 8].

Нәтижелер және талқылау

Жүктеме режиміне байланысты күн панельдерінен, аккумуляторлық батареялардан және желіден тұрақты қуатпен қамтымасыз еті үшін бағытталған. Кіріс максималды қуат кернеуі VMPP диапазонда орналасқан кезде, инвертор, электр энергиясын, максималды тиімді түрлендіреді. Бұл инвертор тек монокристалдық және поликристалдық үлгідегі фотоэлектрлік модульдермен үйлесімді. Басқа типті күн панелдерін рұқсат етілмейді. Және күн панельдер жүйесінің оң немесе теріс ток тізбектерін жерлендіруге болмайды, және де 1-суретте желіге қосылған, гибриді инверторлы күн электр станциясының жүйелік схемасы көрсетілген.

Жұмысты орындау тәртібі:

1 QF1 машинасын қосу арқылы зертханалық стендке кернеу берілді.

2 жүктемесінің кедергісін және ең жоғары кедергісіне сәйкес келетін жағдайға орнатылды.

3 FC1 күн панелінің бетіне жарық ағынын жасайтын SB2 түймесі арқылы EL1 шамы қосылды.

4 жүктеме кедергісін өзгерту жолымен мәнінен мәніне дейін өзгеруі арқылы, 1-кестеге PV1 вольтметр (жүктемедегі кернеу U_n) және PA1 амперметр (жүктемедегі ток) көрсеткіштері енгізілді. Кедергіні өзгерту сатысы $1 \pm 0,1$ В шегінде алынды.



1-сурет – Күн ЭС функционалдық схемасы

48 В 380 В күн инверторы, бір фазалы және үш фазалы желілік гибриді инвертор.



2-сурет – 10 кВт гибриді фотоэлектрлік инвертор

ВАС жүктемесінің белгілі параметрлері кезінде және P_n берілген мәні кезінде V_n және U_n шамалары бірлескен шешімде немесе 3-а суретіндегідей графикалық түрде дәйекті жақындау әдісімен табылады.

5. Ом заңы бойынша алынған барлық көрсеткіштер үшін жүктеме кедергісін анықталды. Нәтижелер 1-кестеге енгізілген.

6. Формула бойынша алынған барлық көрсеткіштер үшін жүктемеге күн батареясы беретін P қуаты есептелді. Нәтижелер 1-кестеге енгізілді.

7. Жүктеме сипаттамасының графигі бойынша күн батареясы беретін ең жоғары қуаты. U_n опт. кернеуі анықталды.

8. Ал енді 1-кесте бойынша күн батареясы сипаттамасының P және $F(U_n)$ жүктемесіне сәйкес вольт-амперлік сипаттамасы құрылды.

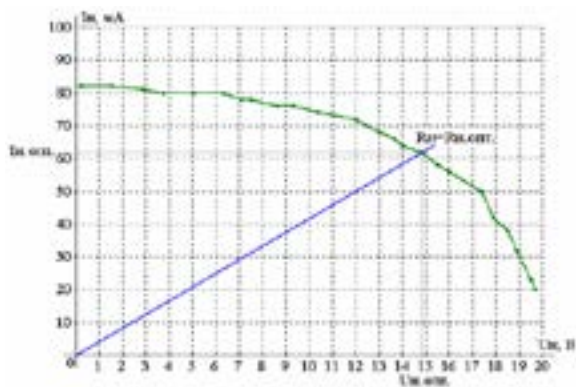
І-кесте – Күн элементтері батареясының вольт-амперлік сипаттамасын алу нәтижелері

U_H , В	I_H , мА	R_H , Ом	P , мВт
0,2	82	2,44	20
1,5	82	18,3	120
2,9	81	35,8	230
3,8	80	47,5	300
5	80	62,5	400
6,1	80	76,25	488
7	79	88,6	553
8,5	78	108,9	663
9,2	78	117,9	717
10,2	73	139,7	744
12	71	169	852
13	69	188,4	897
13,8	65	212,3	897
14	62	225,8	868
14,9	61	244,2	908
15,4	58	265,5	893
16	56	285,7	896
17,2	50	344	875
17,9	41	436,5	733
18,5	38	486,8	703
19	31	612,9	589
19,5	23	847,8	448

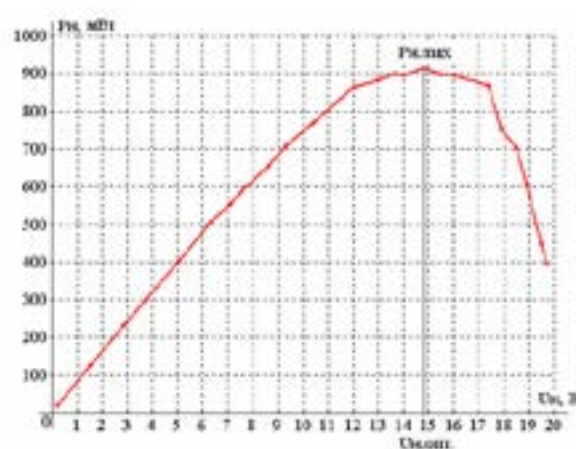
9 Вольт-амперлік сипаттаманың кестесі бойынша (3-сурет) $I_{H.опт}$ күн батареясының беретін ең жоғары қуатына сәйкес келетін разряд. Графиктегі $I_H = f(U_N)$ нүктесі $U_N = U_{N.опт}$ нүктесі болып табылады. $R_{H.опт}$ жүктеменің оңтайлы кедергісіне сәйкес келеді.

$$I = \frac{P_{max}}{U_{H.опт.}} = \frac{908}{14,9} = 61 \text{ мА,}$$

$$R_{H.опт.} = \frac{U_{H.опт.}}{I} = \frac{14,9}{0,061} = 244,2 \text{ Ом}$$



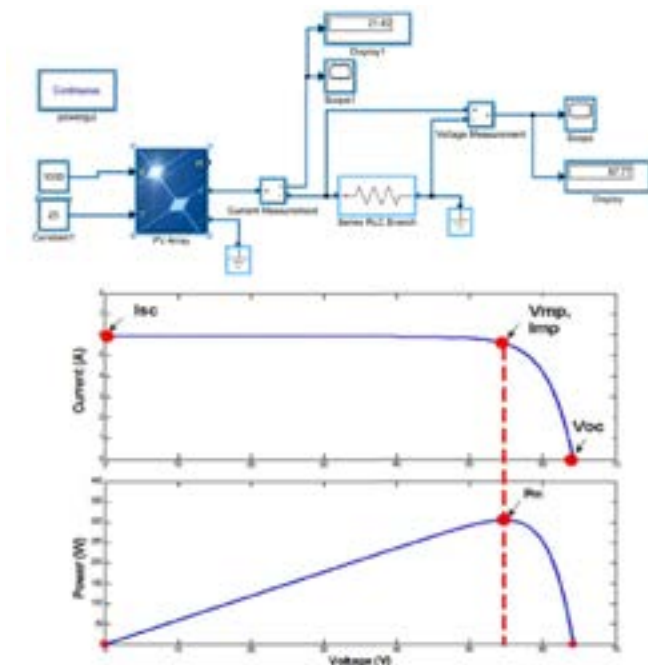
3-сурет –Күн элементтерінің вольт-амперлік сипаттамасы



4-сурет –Күн батареялары жүктемесінің сипаттамасы

Фотоэлектрлік жүйелерін жобалау кезінде алдын-ала модельдеу үлкен тиімділікті көрсетеді, бұл жобалау кезеңінде осындай жүйелерді зерттеуге мүмкіндік береді. Модельдеу арқылы, нақты жағдайлар үшін фотоэлектрлік жүйенің тиімділігін осы технологияны қолданудың арқылы, алдын ала орындылығына баға беру үшін қолдануға болады. Фотоэлектрлік жүйенің жұмысын әртүрлі конфигурация жағдайын қарастыруға, энергетикалық тиімділікті арттыру үшін технологиялық шешімдерді модельдеп алуға қол ашады. Компьютерлік модельдеудің экспериментке қарағанда

артықшылығына жұмыс барысының жылдамдығын, үнемділігін және икемділігін жатқызуға болады [8, 6- 15].



5-сурет – MATLAB SIMULINK бағдарламасында 400 ватт күн панелін (PV) модельдеу

Сурет 6 – MATLAB SIMULINK программасындағы күн батареясының вольт-амперлік сипаттамасы

2-кесте – MATLAB SIMULINK-дағы күн батареясының вольт-амперлік сипаттамасының нәтижелері

№ ПП	R, Ом	U, В	I, А
1	1	10,75	10,75
2	2	21,28	10,64
3	3	31,58	10,50
4	4	40,01	10
5	5	43,39	8,67
6	6	44,68	7,4

7	7	45,54	6,5
8	8	46,58	5,8
9	9	46,5	5,1
10	10	47,7	4,7
11	11	47,1	4,2
12	12	47,39	3,9
13	13	132,7	10,2

Бұл жұмыста келесі фотоэлектрлік жүйе элементтерінің үлгілері ұсынылған: фотоэлектрлік модуль, заряд контроллері, қосылатын жүктеме, аккумуляторлық батарея.

Өзірленген модель әртүрлі факторлардың әсерін зерттеуге (температура, жарық, сәулелердің түсу бұрышы, фотоэлементтердің деградациясы) және де ВАС және ВВС графиктерін құру арқылы фотоэлементтің жұмысы туралы көрнекі түсінік алуға мүмкіндік береді [9; 10].

Ұсынылған модель келесі мүмкіндіктерді береді:

- фотоэлементтердің ішкі сипаттамаларын баптау: қысқа тұйықталу тогын, бос жүріс кернеуін және температуралық коэффициенттерін;
- қоршаған ортаның жағдайының шамаларын статикалық немесе динамикалық өзгертін етіп орнату арқылы моделдеу: күн сәулесінің түсу бұрышын, жарықтандыру деңгейін, температурасын;
- ВАС және ВВС графиктерін алу.

Қорытынды

Ұсынылған, токтың кернеуге тәуелділігі графигінде жартылай өткізгіш түрлендіргішті сипаттайтын ең маңызды нүктелер көрсетілген, сонымен қатар қисығы суреттелген, осының арқасында фотоэлектрлік компоненттің қуатын бағалауға болады. Мұнда жұмыс кернеуі жүйенің қуаты максималды болатын кернеу ретінде қабылданады, жұмыс тогы-бұл жұмыс кернеуінде өтетін ток, ал ток нөлге кезінде қуаты да оған тең болғандықтан, бұл шамада жүйе жұмыс істемейтін жағдайда болады. Ол нақты ток пен кернеу берілген жұмыс параметрлеріне жақындаған кезде ғана жұмыс күйіне өтеді.

Әдетте батарея, теорияда айтылғандай, қажетті қуатты көптеген ұяшық санынан алады, дегенмен едәуір бөлігі кернеуінің төмендеуін өтеуге кетеді, бұл қондырғының күн сәулесінің әсерінен қызу салдарынан. Температура нормадан әр градусқа жоғарлаған сайын бос жүріс кернеуі сәйкесінше 0,4 % - ға төмендейді, температура сол градусқа жоғарлау кезінде қысқа тұйықталу тогы 0,07 % - ға артады. Элементтің тиімділігін есептеу үшін оның ең үлкен қуаты күн радиациясының жалпы қуатына бөлінеді, элементтер бір-бірімен тізбекті немесе параллель электр тізбегіне қосылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 ГОСТ Р МЭК 60904-1-2013. ПРИБОРЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ – Часть 1. Измерение вольтамперных характеристик. – Введ. 2015-01-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 12 с.

2 Технические характеристики SIM400-24 (5BB) [Электронный ресурс]. – URL: <https://nsk-electro.ru/custom/manual/SILA/solar/SIM400-24-PERC-TP-RUS.pdf>.

3 Андреев, В. М., Грилихес, В. А., Румянцев, В. Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. – Л. : Наука, 1989. – 310 с.

4 Бринкворт, Б. Солнечная энергия для человека / пер. с англ. В.Н. Оглоблевой; под ред. и с предисл. Б.В. Тарнижевского. – М. : Мир, 1976. – 291 с.

5 Лигачев, В. А., Попов, А. И. Лабораторная работа «Спектральная чувствительность и вольт-амперная характеристика солнечного элемента» по курсу «Физика и технология устройств на основе некристаллических полупроводников». – М. : Изд-во МЭИ, – 1999. – 15 с.

6 Твайделл, Дж., Уэр, А. Возобновляемые источники энергии. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

7 Premkumar, M., Kumar, C., Sowmya, R. Mathematical Modelling of Solar Photovoltaic Cell/Panel/Array based on the Physical Parameters from the Manufacturer's Datasheet // International Journal of Renewable Energy Development. – 2020. – Vol. 9. – № 1. – P. 7–22. – <https://doi.org/10.14710/ijred.9.1.7-22>.

8 Ndegwa, R., Simiyu, J., Ayieta, E., Odero, N. A Fast and Accurate Analytical Method for Parameter Determination of a Photovoltaic System Based on Manufacturer's Data // Journal of Renewable Energy. – 2020. – Vol. 2020. – P. 1–18. – <https://doi.org/10.1155/2020/7580279>.

9 Eteiba, M., Shenawy, E., Shazly, J., Hafez, A. A Photovoltaic (Cell, Module, Array) Simulation and Monitoring Model using MATLAB®/GUI Interface // International Journal of Computer Applications. – 2013. – Vol. 69. – № 6. – P. 14–28. – <https://doi.org/10.5120/11845-7579>.

10 Основные характеристики солнечных панелей. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) [Электронный ресурс]. – URL: <http://surl.li/sqakf> (Дата доступа: 16.04.2024).

REFERENCES

- 1 GOST R MEK 60904-1-2013. PRIBORY FOTOELEKTRICHESKIE – Chast 1. Izmerenie voltampernykh harakteristik [IEC 60904-1-2013. Photoelectric devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics]. – Vved. 2015-01-01. – M. : Standartinform, 2014. – 12 p.
- 2 Tehnicheskie harakteristiki SIM400-24 (5BB) [Technical datasheet SIM400-24 (5BB)] [Electronic resource]. – URL: – <https://nsk-electro.ru/custom/manual/SILA/solar/SIM400-24-PERC-TP-RUS.pdf>.
- 3 Andreev, V. M., Grilhes, V. A., Rýmánsev, V. D. Fotoelektricheskoe preobrazovanie konsentrirovannogo solnechnogo izlycheniya [Photovoltaic conversion of concentrated solar radiation]. – L. : Nauka, 1989. – 310 p.
- 4 Brinkvort, B. Solnechnaya energiya dlya cheloveka [Solar energy for humans] / Perevod s angliyskogo V. N. Ogloblevoi; Red. i predislovie B. V. Tarnijevskii. – M. : Mir, 1976. – 291 p.
- 5 Ligachev, V.A., Popov, A.I. Laboratornaya rabota «Spektralnaya chuyствitelnost i volt-ampernaia harakteristika solnechnogo elementa» po kursy «Fizika i tehnologiya ystroistv na osnove nekrystallicheskih polyprovodnikov» [Laboratory work «Spectral sensitivity and volt-ampere characteristic of solar cell» on the course «Physics and technology of devices based on semiconductors»]. – M. : Izd-vo MEI. – 1999. – 15 p.
- 6 Tvardell, Dj., Yéir, A. Vozobnovlaemye istochniki energii [Renewable energy sources]. – M. : Energoatomizdat, 1990. – 392 p.
- 7 Premkumar, M., Kumar, C., Sowmya, R. Mathematical Modelling of Solar Photovoltaic Cell/Panel/Array based on the Physical Parameters from the Manufacturer's Datasheet // International Journal of Renewable Energy Development. – 2020. – Vol. 9. – № 1. – P. 7–22. – <https://doi.org/10.14710/ijred.9.1.7-22>.
- 8 Ndegwa, R., Simiyu, J., Ayieta, E., Odero, N. A Fast and Accurate Analytical Method for Parameter Determination of a Photovoltaic System Based on Manufacturer's Data // Journal of Renewable Energy. – 2020. – Vol. 2020. – P. 1–18. – <https://doi.org/10.1155/2020/7580279>.
- 9 Eteiba, M., Shenawy, E., Shazly, J., Hafez, A. A Photovoltaic (Cell, Module, Array) Simulation and Monitoring Model using MATLAB®/GUI Interface // International Journal of Computer Applications. – 2013. – Vol. 697 – № 6. – P. 14–28. – <https://doi.org/10.5120/11845-7579>.
- 10 Osnovni harakteristiki soniachnykh panelei. Volt-amperna harakteristika (BAH) [Main characteristics of solar panels. Current-voltage characteristic (VAC)] [Electronic resource]. – URL: – <http://surl.li/sqakf> (Accessed: 16.04.2024).

21.10.25 ж. баспаға түсті.

12.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

07.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

* А. С. Расмухаметова¹, К. С. Олжабаева², Ж. Г. Казыбек³,

А. Е. Нурғали⁴, Н. А. Нурқасен⁵

^{1,2,3,4,5}Алматинский университет энергетики и связи имени

Г. Даукеева, Республика Казахстан, г. Алматы.

Поступило в редакцию 21.10.25.

Поступило с исправлениями 12.11.25.

Принято в печать 07.12.25.

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ

Целью представленной статьи является изучение видов и составов применяемых фотоэлектрических систем, устройств и принципов работы основных блоков и узлов фотоэлектрической установки, разработана вольт-амперная характеристику солнечных элементов и нагрузочная характеристика солнечных элементов. В статье приведены результаты определение Вольт-Амперной Характеристики (ВАХ) солнечной панели мощностью 400 Вт. Проведено моделирование оптимальной нагрузки солнечной панели и сравнение с результатом лабораторного исследование ВАХ. На основе величин, полученных в ходе исследования с получением лабораторных результатов, была создана вольт-амперная характеристика батареи солнечных элементов. Благодаря этому появляется хорошая возможность оценить мощность фотоэлектрического компонента. При проектировании фотоэлектрических систем предварительное моделирование открывает путь к рассмотрению различных конфигурационных условий работы фотоэлектрической системы, моделированию технологических решений для повышения энергетической эффективности. Специальная программа, используемая для моделирования, была реализована через приложение Matlab Simulink. Разработанная модель позволяет изучить влияние различных факторов, таких как температура, свет, угол падения лучей, деградация фотоэлементов, а также получить полное и наглядное представление о работе фотоэлемента путем построения графиков ВАХ и ВВХ.

Ключевые слова: монокристаллическая солнечная батарея, гибридный фотоэлектрический инвертор, нагрузка, вольт-амперная характеристика, полупроводник.

*A. S. Rasmukhametova¹, K. S. Olzhabayeva², Zh. G. Kazybek³,

A. E. Nurgali⁴, N. A. Nurkasen⁵

^{1,2,3,4,5}Gumarbek Daukeev Energo University, Republic of Kazakhstan, Almaty.

Received 21.10.25.

Received in revised form 12.11.25.

Accepted for publication 07.12.25.

A STUDY OF SOLAR PANEL CHARACTERIZATION

The purpose of the presented article is to study the types and compositions of applied photovoltaic systems, devices and principles of operation of the main blocks and units of photovoltaic installation, developed the Volt-ampere characteristic of solar cells and load characteristic of solar cells. The paper presents the results of determining the Volt-Ampere Characteristic of a solar panel with a capacity of 400W. Modelling of the optimum load of the solar panel and comparison with the result of laboratory study of I-V curve is carried out. Based on the values obtained during the study with the laboratory results, a volt-ampere characteristic of the solar cell battery was created. This provides a good opportunity to estimate the power of the photovoltaic component. In the design of photovoltaic systems, preliminary modelling opens the way to the consideration of different configuration conditions of the photovoltaic system, modelling of technological solutions to improve energy efficiency. The specific software used for modelling has been implemented through the Matlab Simulink application. The developed model allows to study the influence of various factors such as temperature, light, angle of incidence of rays, degradation of photovoltaic cells, as well as to obtain a complete and visual representation of the PV cell operation by drawing I-V curve and P-V graphs.

Keywords: monocrystalline solar panel, hybrid solar inverter, load, IV curve, semiconductor.

Теруге 17.12.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4494

Сдано в набор 17.12.2025 г. Подписано в печать 30.12.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4494

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz