



ЭНЕРГЕТИКА  
ЭНЕРГЕТИКА  
ENERGY

DOI 10.51885/1561-4212\_2023\_2\_52  
МФТАА 44.31.01

А.Т. Байдилдина<sup>1</sup>, А.М. Акаев<sup>2</sup>, Г.С. Дуйсембаева<sup>3</sup>, А.Т. Нурғалиева<sup>4</sup>,  
А.Е. Естаулетова<sup>5</sup>, Л.П. Каравайцева<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,  
Өскемен қ., Қазақстан

<sup>2</sup>«№ 37 Көп салалы орта мектеп» КММ, Өскемен қ., Қазақстан

E-mail: atj-43@mail.ru\*

E-mail: aybek.akaev.vko\_81@mail.ru

E-mail: gdyusembaeba80@mail.ru

E-mail: nurgaliyeva\_asel@mail.ru

E-mail: ainur\_92uka@mail.ru

E-mail: karavaitsevalp@mail.ru

#### ТӨМЕНГІ ВОЛЬТТЫ ЖАРЫҚТАНДЫРУ ҚОНДЫРҒЫЛАР ЖҮЙЕСІН ҚОЛДАНЫП, ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУДЫ ЗЕРТТЕУ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОВОЛЬТНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

#### STUDY THE OF LOW-VOLTAGE TECHNOLOGY OF LED LIGHTING FOR THE INCREASE OF ITS EFFICIENCY

**Аңдатпа.** Бұл мақала жарықтандыру жүйесінде төмен вольтты технологияны қолдануға арналған. Біз төмен вольтты энергияны жаңартылатын энергия көздерін пайдалану арқылы аламыз. Баламалы энергия көздерін, атап айтқанда күн батареяларын немесе күн қоректендіру элементтерін кеңінен енгізу кезінде әдеттегі жарықтандыру құрылғыларын пайдалану үшін олардан алынған тұрақты тоқты айнымалы токқа айналдыру қажет.

Мақалада күн панелінің есептеулері қарастырылады. Есептеу күн энергиясы ретінде жаңартылатын энергия көздеріне негізделген. Осы есептеулер негізінде автономды объектіні энергиямен қамтамасыз ету жүйесінің моделі құрылды. Сондай-ақ, күн панельдеріне негізделген төмен вольтты жарықдиодты жарықтандыру жүйесінің есебі келтірілген.

**Түйін сөздер:** қайта қалпына келетін энергия көзі, төменгі вольтты технология, токтың түрленуі, күн батареясы, жарықтандыру қондырғысы, кернеу, түрлендірісі.

**Аннотация.** Данная статья посвящена использованию низковольтной технологии в системе освещения. Низковольтную энергию получаем за счет использования возобновляемых источников энергии. При широком внедрении альтернативных источников энергии в частности солнечных батарей или солнечных элементов питания для использования типовых осветительных приборов необходимо преобразовать полученный от них постоянный ток в переменный.

В статье рассмотрены расчеты солнечной панели. Расчет произведен на базе возобновляемых источников энергии как солнечная энергия. На основе этих расчетов построена модель системы энергообеспечения автономного объекта. Так же приведен расчет низковольтной светодиодной системы освещения на базе солнечных панелей.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергия, низковольтная технология, система, преобразование тока,

*солнечная батарея, осветительный прибор, напряжение, преобразователь.*

**Abstract.** This article is dedicated to the usage of low voltage technologies in lightning systems. Low voltage energy is obtained through employment of renewable energy sources. During wide implementation of alternative energy sources, particularly solar batteries and solar power supply elements it is necessary to convert direct current that is obtained from that energy sources to alternating current.

The article discusses the calculations of the solar panel. The calculation is made on the basis of renewable energy sources such as solar energy. On the basis of these calculations, a model of the power supply system of an autonomous object was built. The calculation of a low-voltage LED lighting system based on solar panels is also given

**Keywords:** renewable energy sources, low-voltage technology, system, the transformation of current, solar battery the luminaries, voltage, converter.

*Kipicne.* Қазіргі уақытта заманауи жарықтандыру жүйесінде люминесцентті шамдар сияқты энергия үнемдеуіш жарықтандыру элементтері, сондай-ақ жарықдиодты шамдар қолданылады. Ең тиімдісі жоғары сенімділік пен үлкен жұмыс ресурсына ие (50 000 сағаттан астам) жарықдиодты жарықтандыру жүйесі болып табылады [1-15].

Күн панельдері кернеуі 24 В болатын тұрақты ток жасайды, бұл токты пайдалану үшін кернеу түрлендіргішін қолдану қажет [1-5].

Жарық диодты шамдарды [1-5] пайдаланатын жарықтандыру жүйесінде кернеу түрлендіргішін қолданбай, төмен вольтты кернеуді [1-5] пайдалануға болады.

Көбінесе барлық жарықдиодты шамдар кірісте 24В арқылы қоректенеді, бірақ барлық елдерде ол 110В, 220В және 230В кернеуінен қуат алады. Жарықдиодты құрылғының өзінде инвертор орнатылған, ол алынған кернеуді 24 В түрлендіреді.

Қазақстанда және шетелдерде бақшаларды, кітап шкафтарын және көшелерді жарықтандыру үшін төмен вольтты 24В электрмен жабдықтау жүйесі [1-5] қолданылады.

Кернеуі 24 В тұрақты токтағы барлық жанартылатын энергия көздерінің ішінен тек күн панелі ғана өнімді шығарады.

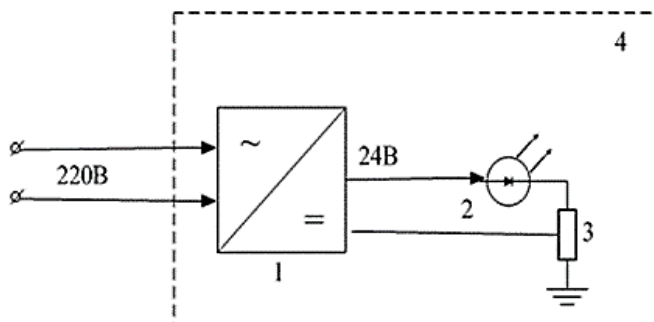
Күн батареяларының контроллерлері [1-5] аккумулятордың оңтайлы зарядталуын қамтамасыз етеді, бірақ контроллердің бақылауы мен бақылауының болмауына байланысты аккумуляторлық батареялар толық зарядталмайды.

Шығыс Қазақстан облысының климаттық жағдайына байланысты одан әрі зерттеу үшін қайта қалпына келетін энергия көздерінде жұмыс істейтін күн сәулесін түрлендіретін қондырғылар таңдалды.

*Негізгі бөлім.* Жарықтандыру аспабы

*Материалдар және зерттеу әдістері.* Зерттеулерде әдістемелік негіз ретінде жүйелік әдіс қолданылды. Теориялық зерттеу аясында ғылыми болжамдар жасалып, зерттеу мақсаты, критерийлері мен міндеттері анықталды. Ресімдеу құралдары ретінде бұл мақалада ықтималдықтар теориясы, математикалық статистика және имитациялық модельдеуді қамтитын көп әдісті әдістемелер ұсынылады.

Жарықтандыру аспабында жарықдиодты қосудың классикалық сызбасы 1-суретте көрсетілген.



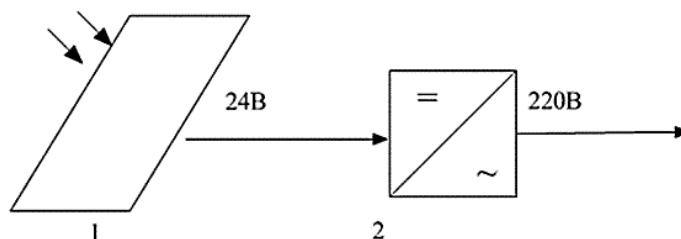
**1-сурет.** Жарықтандыру аспаптарының типтік сызбасы:

1 – айнымалы токтан тұрақты токқа түрлендіргіш (драйвер), 2 – жарықдиод,  
3 – жарықдиодтың баламалы кедергісі, 4 – жарықтандыру аспабының контуры

Жарықтандыру аспабының элементтерінің бірі қуат көзі 1 (айнымалы токтан тұрақты токқа түрлендіргіш) болып табылады.

Осылайша, айнымалы кернеуі 220 В желіге қосылған бөлмені жарықдиодты шаммен жарықтандыру кезінде кернеуді драйвермен түрлендіргенде энергия жоғалады, өйткені оның ПӘК-і 100 % тең емес [1-5].

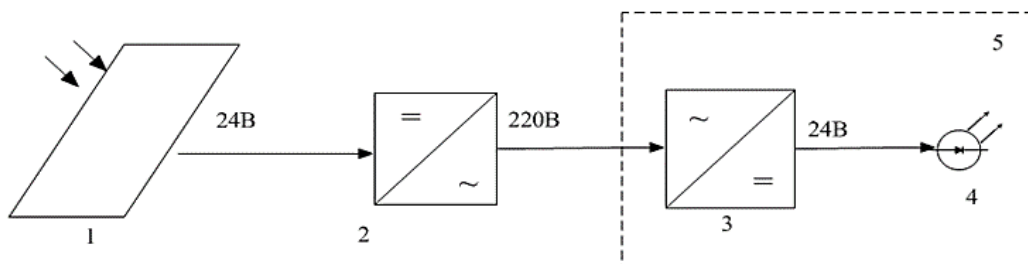
Баламалы энергия көздерін, атап айтқанда күн батареяларын немесе күн қуат көздерін кеңінен енгізу кезінде типтік жарықтандыру аспаптарын пайдалану үшін олардан алынған тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіру қажет (2-сурет).



**2-сурет.** Күн батареясы өндіретін тұрақты кернеуді айнымалыға түрлендірудің сызбасы:

1 – күн батареясы, 2 – тұрақты кернеуден айнымалы кернеуге түрлендіргіш

Әдетте баламалы қуат көздерін қолданғанда, 1-суретте 4 контур түрінде сызбалық түрде көрсетілген қазірдің өзінде бар жарықтандыру аспаптарын қолданады. Ал 220 В айнымалы кернеуді қамтамасыз ету үшін 24-220 В конвертор орнатылады. Осылайша, жарықдиодты жарықтандыру жүйелерін қосуды жүзеге асырудың жалпы сызбасы 3-сурет түрінде ұсынылуы мүмкін [1-5].



**3-сурет.** Жарықдиодты жарықтандыру жүйелерін қосуды жүзеге асырудың жалпы схемасы:

1 – күн батареясы, 2 – конвертор, 3 – айнымалы токтан тұрақты токқа түрлендіргіш,  
4 – жарықдиод, 5 – жарықтандыру аспабы

Күн батареяларының ПӘК-і шамалы болғанымен, оларды пайдалану жаңартылатын энергия көзін қолдану есебінен тиімді.

Дегенмен, қарастырылып жатқан схемада (3-сурет) жарықтандыру жүйесіне шығындар мен кемуді енгізетін екі түрлендіргіш бар, 2 және 3 тұрғы. 2 Бірінші түрлендіргіш күн батареялары тудыратын 24 В тұрақты токты 220 В айнымалы ток желісінің жұмыс кернеуіне түрлендіреді, ал екінші конвертор (айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіргіш) 3 айнымалы токты 220 В-тан 24 В кернеуіне түрлендіреді [1-5].

Қосарланған токты түрлендірудің тиімділігін анықтау үшін жүйенің ПӘК-ін есептейміз.

Пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) энергияны түрлендіру немесе тасымалдауға қатысты кез келген құрылғы жүйесінің тиімділігін сипаттайды, [1-5]. Ол пайдаланылған пайдалы энергияның жүйе қабылдаған энергияның жалпы көлеміне қатынасымен анықталады. ПӘК өлшемсіз шама және жиі пайызбен өлшенеді және  $\eta$  арқылы белгіленеді. ПӘК-нің математикалық анықтамасын былай жазуға болады:

$$\eta = (A/Q) \times 100 \% \quad (1)$$

мұндағы  $A$  – пайдалы жұмыс;  $Q$  – жұмсалған жұмыс.

Энергияның сақталу заңының күші бойынша тиімділік әрқашан бірден аз немесе оған тең. Түрлендіргіш 2 мен конверторды 3 (айнымалы кернеуді тұрақтыға түрлендіргіш) өлшеудің жалпы сызбасын 4-суретте қарастырайық. Біз кернеуді жоғарылататын түрлендіргішті негізге алдық делік. Қуат көзі тізбегінің үзілуіне  $A_1$  амперметр және кернеуді түрлендіргіштің қуат көзінің кірісіне параллель  $B_1$  вольтметрді қосамыз, олардың көрсеткіштері құрылғының тұтынатын қуатты  $P_1$  және қуат көзінен жүктемені бірге есептеу үшін қажет. Кернеу түрлендіргішінің шығысына жүктеменің қуат көзін үзілуіне кернеу түрлендіргішінен тұтынатын жүктеменің қуатын  $P_2$  есептеу бұшін  $A_1$  амперметр және  $B_1$  вольтметрді қосамыз. Кейін құрылғыны қосамыз, аспаптардың көрсеткіштерінің өлшейміз және  $P_1$  мен  $P_2$  қуаттарын есептейміз, [1-5]:

$$P_1 = I_1 \times U_1 \quad (2)$$

$$P_2 = I_2 \times U_2 \quad (3)$$

Түрлендіргіштің ПӘК-ін  $\eta_1$  формула бойынша анықтаймыз (4):

$$\eta_1 = (P_2/P_1) \times 100 \% \quad (4)$$

Берілген формула (4) бойынша кернеу түрлендіргішінің нақты ПӘК-ін анықтаймыз.

Конвертор 3 (айнымалы кернеуді тұрақтыға түрлендіргіш) қуатын (3-сурет), сәйкесінше келесі (5) (6) формулалар бойынша анықтаймыз:

$$P_2 = I_2 \times U_2 \quad (5)$$

$$P_3 = I_3 \times U_3 \quad (6)$$

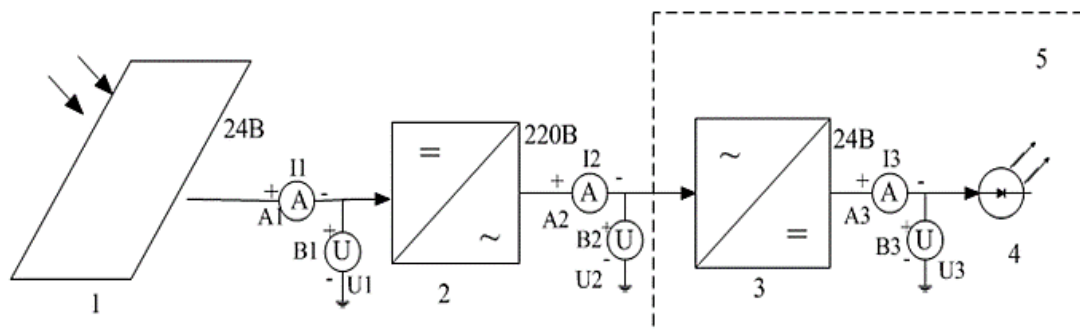
Айнымалы кернеуді тұрақтыға түрлендіргіштің ПӘК-ін  $\eta_2$  (7) формула бойынша анықтаймыз:

$$\eta_2 = (P_3/P_2) \times 100 \% \quad (7)$$

Түрлендіргіштердің жалпы қосынды ПӘК-ін  $\Sigma\eta$  формула бойынша анықтауға болады:

$$\Sigma\eta = \eta_1 \times \eta_2 \quad (8)$$

Күн батареясын қолдану негізінде қуат көзінің төмен вольтты сызбасының жұмыс тиімділігін зерттеу үшін біз түрлендіргіш 2 мен конвертордың 3 (айнымалы кернеуді тұрақтыға түрлендіргіш) ПӘК-ін анықтауға мүмкіндік беретін өлшеулер жүргіздік (4-сурет). Жүйенің ПӘК-ін өлшеудің жалпы сызбасы 4-суретте көрсетілген.



**4-сурет.** Жүйенің ПӘК өлшеудің жалпы сызбасы: 1 – күн батареясы, 2 – түрлендіргіш, 3 – конвертор (айнымалы кернеуді тұрақтыға түрлендіргіш), 4 – жарықдиод, 5 – жарықтандыру аспабы

4-сурет бойынша өлшенген ток пен кернеудің мәндері 1-кестеде көрсетілген.

**1-кесте.** Ток пен кернеулердің тәжірибелік мәндері

$I_1, A$	$U_1, B$	$P_1 Bт$	$I_2 A$	$U_2 B$	$P_2 Bт$	$I_3 A$	$U_3 B$	$P_3 Bт$
2,2	12,6	27,7	0,06	207	11,1	0,14	37,6	5,3

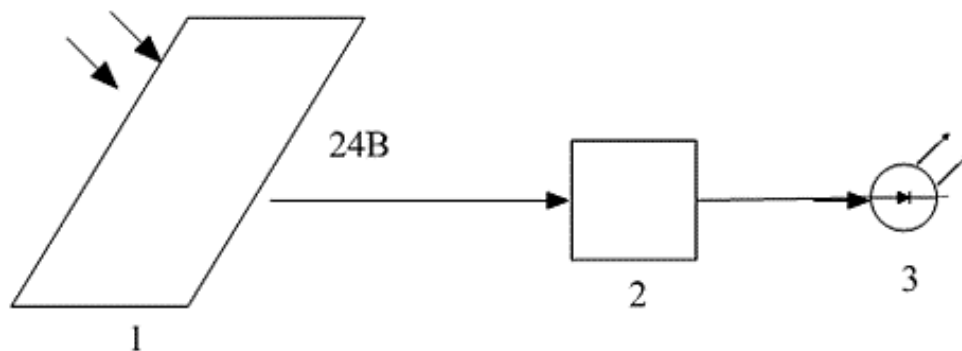
Тәжірибелік мәндер бойынша алынған есептеулердің нәтижелері 2-кестеде көрсетілген.

**2-кесте.** Тәжірибелік мәліметтер бойынша есептеулердің нәтижелері

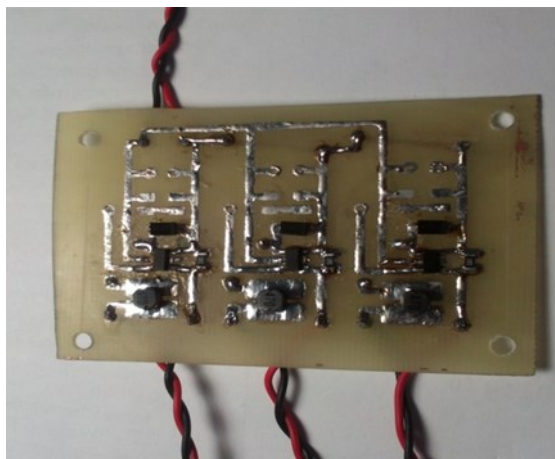
$P_1 Bт$	$P_2 Bт$	$P_3 Bт$	$\eta_1 \%$	$\eta_2 \%$	$\Sigma\eta \%$
27,7	11,1	5,3	40	47,8	20

Жүргізілген зерттеулер мен есептеулердің нәтижесінде 4-суреттегі 2 түрлендіргіштің ПӘК-і 40,1 %, 4-суреттегі 3-түрлендіргіштің ПӘК-і 48 % құрады. Жалпы ПӘК 20 % құрайды. Бұл мұндай сызбаны қолданудың тиімділігі өте төмен екендігін көрсетеді, [1-5].

Күн батареялары мен ток түрлендіргіштері жоқ жүйені (5-сурет) қолданудың болашағы зор.

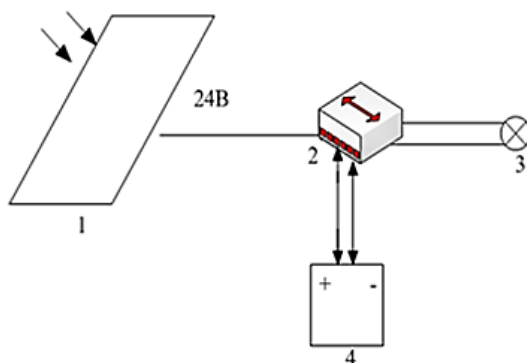


**6-сурет.** Токты тұрақтандыру сызбасы



7-сурет. Дайындалған ток тұрақтандырғышы

Энергияны жинақтау және сызбаның тұрақты жұмысын қамтамасыз ету үшін 5-суретте қосымша аккумулятор 4 және энергияның оңтайлы зарядын және төмен вольтты жарықтандыру жүйесінің жұмысы үшін қажетті кернеуді қамтамасыз ететін бақылағыш 2 орнатылған (8-сурет).



8-сурет. Энергия жинақтаушысын қолданатын төмен вольтты жарықтандыру жүйесінің сызбасы: 1 – күн батареясы, 2 – бақылағыш, 3 – төмен вольтты жарықтандыру аспабы, 4 – аккумулятор

Тұрақты ток күн батареясынан 1-сурет 8 аккумулятор 4 зарядталып жатқанда төмен вольтты жарықтандыру жүйесінің электр энергиясын үздіксіз берілуін қамтамасыз ететін бақылаушыға 2 келіп түседі [1-5].

Жүйенің жұмысқа қабілеттілігін сынау үшін 8-суретте көрсетілген сызба бойынша энергия жинақтаушысын қолданатын төмен вольтты жарықтандыру жүйесінің табиғи сынақтары жүргізілді.

Бұл жүйені сынау оның толық жұмысқа қабілеттілігін көрсетті. Жүйе жеті күн бойы автономды түрде жұмыс істеді, ал жарықтандыруға жұмсалатын энергия күн панелі өндіретін энергияның тек 10 %-ын құрады, яғни 100 Вт электр энергиясына тең жүктемені қосу мүмкін болды [1-5].

Төмен вольтты жүйені енгізу мәселелерінің бірі 220 В-қа қолданылатын қолданыстағы электр сымдарын ажыратуды 24 В кернеуге бейімдеу болып табылады. Бұл мәселе ток күшінің арттыумен байланысты, ол жарықтандыру жүйесінің сымдарының қыздыруының (температурының жоғарылауы) ұлғаюына әкеледі.

Төмен вольтты жүйені енгізу үшін төмен вольтты жарықдиодты шамдарды қолданған кезде қажетті сымның көлденең қимасын есептедік. Есептеу үшін меншікті кедергісі  $0,0175 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$ , болатын мыс сымдары қолданылады [1-5].

Сым кедергісі, Ом формула бойынша анықталады:

$$R = \rho \times (l/S) \quad (9)$$

$\rho$  – сымның меншікті кедергісі,  $\text{Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$ ;

$l$  – өткізгіш ұзындығы, м;

$S$  – көлденең қимасының ауданы,  $\text{мм}^2$ .

Көлденең қимасының ауданын формула бойынша анықтаймыз:

$$S = \rho \times (l/R) \quad (10)$$

Сым желісіндегі ток формула бойынша:

$$I = P/U \quad (11)$$

$P$  – жүктеме тұтынатын қуат, Вт

$U$  – сым желісіндегі кернеу, В.

Қолданыстағы мыс сымдарының жаңа төмен вольтты жүйеге сәйкестігін анықтау үшін біз қолданыстағы сымның көлденең қимасын анықтаймыз (нәтижелері 3-кестеде көрсетілген).

### 3-кесте. Қолданымдағы сымның қимасын есептеу нәтижелері

P, Вт	U, В	I, А	S, мм <sup>2</sup>
1000	220	4,54	2,5

Төмен вольтты жүйеге қажет сымның көлденең қимасы 4-кестеде көрсетілген.

### 4-кесте. Төмен вольтты жүйе үшін сымның қимасын есептеу нәтижелері

P, Вт	U, В	I, А	S, мм <sup>2</sup>
400	24	16,7	2,5

*Қорытынды.* Жарықтандыру жүйе үшін энергияның баламалы көздерін қолданудың қарастырылған нұсқалары оларды қолданудың дәстүрлі әдістерінің тиімді емес екенін көрсетті. Токты қосарлана түрлендіру жүйені жарамсыз етеді, оның ПӘК-і 20 % аспайды. Энергияны түрлендірусіз 24 В кернеуі бар дәстүрлі емес жарықтандыру жүйесін пайдалану әлдеқайда тиімді және аз жарақат алатындығы көрсетілген. Сондай-ақ энергия тиімді жарықтандыру жүйелерін пайдалану арқылы қызып кету қаупінсіз қолданыстағы электр сымдарын пайдалануға рұқсат етілгені көрсетілген.

### Әдебиеттер тізімі

1. A. Zhaparova, A. Kvasov, G. Gyorok Autonomous light-emitting-diode (LED) low voltage systems of lighting integrated into “smart home”. 9th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas «New Faculty, New Ability!» (AIS-2014)». – Szekesfehervar. Hungary. 2014. – Pp. 102-106.
2. A. Zhaparova, A. Baklanov, D. Titov, G. Gyorok, Study of the Effectiveness of Switching-on LED Illumination Devices and the Use of Low Voltage System in Lighting. Journal of Applied Sciences Acta Polytechnica Hungarica. – Budapest. Volume 12. Issue Number 5. 2015. pp 71-80.
3. A. Zhaparova, A. Baklanov, D. Titov, Improving the efficiency of led lighting by switching to low-voltage technology. International Conference on Industrial Engineering. «Procedia Engineering» (ICIE-2015). Netheriands. 2015. – Pp. 171 – 177.
4. A. Baidildina, A. Baklanov, The Technique of Providing the Specified Operating Modes of the Power System

- with Using a Solar Battery as an Element of Smart Technologies. Materials 2018 5th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE 2018). - Vol. 433.-PP162-165. www.scopus.com.
5. A. Baidildina, A. Baklanov, Development of complex control of electric power supply system with the application of a solar battery. Materials 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – Pp. 1-4. ISBN: 978-153869535-7. DOI:10.1109/FarEastCon.2018.8602755, EID: 2-s2.0-85061726207. www.scopus.com
  6. С.А. Эраносян Сетевые блоки питания с высокочастотными преобразователями. – М: Высшая школа, 2010.
  7. Ю.С. Забродин Промышленная электроника. – М: Высшая школа, 2009.
  8. Piccablotto G., Aghemob C., Pellegrinob A., Iacomussic P, Radis M. Study on conservation aspects using LED technology for museum lighting // 6th International Building Physics Conference, IBPC // Energy Procedia 78 (2015). – 2015. – pp. 1347-1352.
  9. Techno-economic Analysis of LED Lighting: A Case Study in UTeM’s Faculti Building // Malaysian Technical Universities Conference on Engineering & Technology 2012, MUCET 2012 Part 1 Electronic and Electrical Engineering / Procedia Engineering 53 (2013). – 2013. – pp. 208 – 216.
  10. Renewables 2016 Global Status Report REN 21’s: Renewables Interactive Map for country specific data, – 2016. – P. 272.
  11. Hoong Yan See Taoo , Ahmed Bahabrya, Robert Cloutier. Customer Centricity in the Smart Grid Model // 2015 Conference on Systems Engineering Research / Procedia Computer Science 44 (2015), – 115-124.
  12. Govinda K. Design of Smart Meter using Atmel 89S52 Microcontroller // Smart Grid Technologies / Procedia Technology 21 (2015 ). – 376-380, August 6-8, 2015.
  13. R. Melicio, V.M.F. Mendes, J. Martins, J.C. Quadrado, R. Melicio, V.M.F. Mendes, J. Martins, J.C. Quadrado. Consumer energy management system with integration of smart meters // Energy Reports 1. – 2015. – Pp. 22-29.
  14. Alontseva E.N., Belousov P.A. Flexible distributed control and protection system for industrial objects – Consumers of electric power // Nuclear Energy and Technology 1. – 2015. – Pp. 233-236.
  15. Fabio Favoino, Mauro Overend, Qian Jin. The optimal thermo-optical properties and energy saving potential of adaptive glazing technologies // Applied Energy 156. – 2015. – Pp. 1-15.

#### References

1. A. Zhaparova, A. Kvasov, G. Gyorok Autonomous light-emitting-diode (LED) low voltage systems of lighting integrated into “smart home”. 9th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas «New Faculty, New Ability!» (AIS-2014)». – Szekesfehervar. Hungary. 2014. – Pp. 102-106.
2. A. Zhaparova, A. Baklanov, D. Titov, G. Gyorok, Study of the Effectiveness of Switching-on LED Illumination Devices and the Use of Low Voltage System in Lighting. Journal of Applied Sciences Acta Polytechnica Hungarica. – Budapest. Volume 12. Issue Number 5. 2015. – Pp. 71-80.
3. A. Zhaparova, A. Baklanov, D. Titov, Improving the efficiency of led lighting by switching to low-voltage technology. International Conference on Industrial Engineering. «Procedia Engineering» (ICIE-2015). Netherlands. 2015. – Pp. 171-177.
4. A. Baidildina, A. Baklanov, The Technique of Providing the Specified Operating Modes of the Power System with Using a Solar Battery as an Element of Smart Technologies. Materials 2018 5th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE 2018). – Vol. 433. –Pp. 162-165. www.scopus.com.
5. A. Baidildina, A. Baklanov, Development of complex control of electric power supply system with the application of a solar battery. Materials 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – Pp. 1-4. ISBN: 978-153869535-7. DOI:10.1109/FarEastCon.2018.8602755, EID: 2-s2.0-85061726207. www.scopus.com
6. С.А. Эраносян Сетевые блоки питания с высокочастотными преобразователями. – М: Высшая школа, 2010.
7. Ю.С. Забродин Промышленная электроника. – М: Высшая школа, 2009.
8. Piccablotto G., Aghemob C., Pellegrinob A., Iacomussic P, Radis M. Study on conservation aspects using LED technology for museum lighting // 6th International Building Physics Conference, IBPC // Energy Procedia 78 (2015 ). – 2015. – Pp. 1347-1352.
9. Techno-economic Analysis of LED Lighting: A Case Study in UTeM’s Faculti Building // Malaysian Technical Universities Conference on Engineering & Technology 2012, MUCET 2012 Part 1 Electronic and Electrical Engineering / Procedia Engineering 53 (2013). – 2013. – Pp. 208-216.
10. Renewables 2016 Global Status Report REN 21’s: Renewables Interactive Map for country specific data. – 2016. – P. 272.
11. Hoong Yan See Taoo , Ahmed Bahabrya, Robert Cloutier. Customer Centricity in the Smart Grid Model //



- 
- 2015 Conference on Systems Engineering Research / Procedia Computer Science 44 (2015), 115-124
12. Govinda K. Design of Smart Meter using Atmel 89S52 Microcontroller // Smart Grid Technologies / Procedia Technology 21 (2015), 376-380, August 6-8, 2015.
  13. R. Melicio, V.M.F. Mendes, J. Martins, J.C. Quadrado, R. Melicio, V.M.F. Mendes, J. Martins, J.C. Quadrado. Consumer energy management system with integration of smart meters // Energy Reports 1. – 2015. – pp. 22–29.
  14. Alontseva E.N., Belousov P.A. Flexible distributed control and protection system for industrial objects – Consumers of electric power // Nuclear Energy and Technology 1. – 2015. – Pp. 233-236.
  15. Fabio Favoino, Mauro Overend, Qian Jin. The optimal thermo-optical properties and energy saving potential of adaptive glazing technologies // Applied Energy 156. – 2015. – Pp. 1-15.
- 
-