

то, что она не требует отдельного источника питания, так как питание происходит непосредственно от сети питающего напряжения.

Ключевые слова: электрический двигатель, переменное напряжение, момент двигателя, тиристор, скорость вращения двигателя.

T.S. Zhusip, N.Sh. Abdlakhatova

Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan

USING AC ELECTRIC DRIVE WITH COLLECTOR ENGINE

Simple and reliable way to operate a collector motor and control its rotation speed are presented. Mechanical descriptions of collector engine more correspond for the use of electric drive of conveyer, what electric drive with an asynchronous engine. Control system of collector engine is simpler, than at the engine of direct-current and asynchronous engine, so does not require rectifying installations and transformers, also this control system does not require the separate source of feed, because a feed originates directly from the network of feed-in tension.

Keywords: an electric motor, AC voltage, torque of the moment, thyristor, motor rotation speed.

ӘОЖ 621.3.07

С.Б. Көшербай¹, Н.Ш. Абдлахатова²

¹Магистрант, ²Магистр, аға оқытушы

М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан
Электрондық пошта: ²abdlakhatova@list.ru

АВТОНОМДЫ КҮН ФОТОЭЛЕКТРЛІК ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Мақалада күн батареясының моделі және күн батареясы арқылы энергияны алу тәсілдері қарастырылған. Автономды фотоэлектрлік қондырғылардың күн батареяларының экстремалды қуатын басқару режимін жүзеге асырудағы энергия тиімділігін арттыру теориялық тұрғыдан баяндалған. Автономды фотоэлектрлік қондырғылардың күн батареяларының қуатын реттеу режимін жүзеге асыру кезіндегі энергия тиімділігін жоғарылату дәрежесі сипатталған. Күн батареясының тұрақты кернеуі бар жүйелермен салыстырғанда реттеу әдісінің тиімділігі көрсетілген. Сондай-ақ фотоэлектрлік панельдерді автоматты түрде қадағалауды жүзеге асыру автономды электр станцияларының энергия тиімділігін арттырудың ең тиімді әдісі болып табылатыны көрсетілген.

Тірек сөздер: автономды фотоэлектрлік қондырғы, күн батареясы, қайта зарядталатын батарея, энергия тиімділігі, күн энергиясын шектен тыс реттеу.

Қазіргі күн фотоэлектрлік қондырғыларының күн энергиясының конверсия коэффициенті үлкен емес. Күн шуақты ауа-райында күн векторына перпендикуляр әр шаршы метрге шамамен 1 кВт күн энергиясы түседі, алайда тұтынушыға автономды фотоэлектрлік энергия жүйелері мен қондырғыларынан энергия аз беріледі. Өндірілетін қуаттың мөлшерін едәуір төмендететін факторлар - массалық кремний фотокеллерінің орташа

тиімділігі (12-14%) [1] және таңдалған күн батареясының генерациялау қабілеттіліктерінің төмен пайдаланылуы. Нәтижесінде, көптеген фотоэлектрлік қондырғылары мен электрмен жабдықтау жүйелерінің жалпы энергия тиімділігі 5-10% -дан аспайды. (W_{AB}) энергиясының жоғалуы кезінде күн батареясынан (W_{CB}) алынған энергия арасындағы айырмашылықтың арақатынасы аналитикалық түрде көрінеді. Максималды қуат нүктесінде SB кернеуін үздіксіз реттеу кезінде SB өндіретін энергия (W_{CBmax}) ΔW және AB (Δ Энергия тиімділігі ($K\varepsilon$)) жүйеде қабылданған күн батареясының (CB) кернеуін реттейтін конверторлық құрылғы.

$$K\varepsilon = (W_{CB} - \Delta W_{AB}) / W_{CBmax} = W_H / W_{CBmax} = \int P dt / \int P_{CBmax} dt$$

мұндағы: W_H - жүктемеге берілетін энергия; R_{SBmax} - SB қуатының экстремалды мәні; R_p - жүктеме қуатының ағымдағы мәні; T - пайдалану кезеңі.

Күн панельдерін және оларды мәжбүрлі салқындатуды автоматты түрде бақылайтын жүйелердің болмауы көптеген жағдайларда күн панельдерінің үйлердің төбесінде орналасқандығымен және мұндай жүйелерді іске асырудың техникалық жағынан қиын және экономикалық тұрғыдан тиімсіз екендігімен түсіндіріледі. Максималды қуат алу тек оңтайлы жұмыс нүктесінде (максималды қуат) тұрақты SB кернеуін реттеген кезде мүмкін болады. Ресейде алғаш рет жасалған күн энергиясын реттегіштері бар мұндай жүйелер қазір ғарыштық энергия жүйелерінде кеңінен қолданылады [2,3]. Ресейдегі күн фотоэлектрлік электр жүйелері мен қондырғыларында күн батареяларының қуатын тым көп реттей отырып қолдану мүмкін емес.

Шетелдік әзірлемелерден күн батареяларының қуатын реттеу функциясын жүзеге асыратын батареяларды зарядтау және разрядтау реттегіштері белгілі: MPPT контроллері (максималды қуат нүктесін бақылау) – Steca MPPT 2010 (Германия), OutBack Flex-60 (80) MPPT және MorningStar SunSavtr MPPT (АҚШ), Xantrex XW-MPPT60-150 экстремалды реттегіші [4].

Бұл жаңадан шыққан әзірлемелер, олар нарықта кеңінен ұсынылған, алайда жұмыс істеу принциптері мен конструкциясы және күн энергиясын шектен тыс реттеу режимін жүзеге асырудағы энергия тиімділігінің жоғарылау дәрежесі егжей-тегжейлі көрсетілмеген.

Осылайша, заманауи тиімді автономды фотоэлектрлік электр станцияларын жобалау мен құру кезінде олардың тиімділігі мен фотоқабылдау жүйелерін және электр қондырғыларын жобалаудағы тиімділігі мен бірқатар жүйелік мәселелерді көтеретін фотоконверторларды құру міндеті олардың энергия тиімділігін едәуір арттыру үшін керек.

Автономды фотоэлектрлік қондырғылардың күн батареяларының қуатын реттеу режимін жүзеге асыру кезіндегі энергия тиімділігінің жоғарылау дәрежесін қарастырайық.

Бұл басқару режимін іске асырудың әсері күн панельдерінің жұмыс температурасының өзгеру ауқымына байланысты. Бұл кремний күн батареяларының параллельді қатарлы қосылысы болып табылатын автономды фотоэлектрлік электр станциялардың күн батареялары айтарлықтай өзгертін жұмыс жағдайында пайдалану мүмкіндігімен түсіндіріледі.

Олар қоршаған орта әсеріне өте сезімтал. Олардың ток-кернеу сипаттамалары сызықты емес және тұрақсыз. Вольт-ватт сипаттамалары өндірілетін қуаттың максималды мәніне ие, олардың орналасуы жұмыс жағдайынан (ресурс, температура, жарық) айтарлықтай ерекшеленеді. Жұмыс температурасы плюс 70 °С-тан минус 30 °С-қа дейін өзгерген кезде, кремний күн батареясының оңтайлы жұмыс нүктесінің кернеуі шамамен 1,5 есе артады (күн батареясының кернеуі 0,5-0,75 В аралығында) [5]. Күн батареясының тогы температураға байланысты болады.

Автономды фотоэлектрлік электр қондырғыларында аккумуляторлардың зарядтау және разрядтау токтарының қарапайым контроллері қолданылады, олар аккумулятордағы кернеу шамамен 14,4 В жеткенде (электр тогының номиналды кернеуі 12 В болғанда) қуат көзін (SB) өшіреді) [4]. Батареядағы кернеу шамамен 12,5-13 В дейін төмендеген кезде, күн батареясы қайтадан қосылады және зарядтау қалпына келеді. Мұндай жүйелерде SB кернеуі белгілі бір уақытта батареядағы кернеумен анықталады және батареяның зарядталу деңгейіне байланысты болады.

Мұндай жүйелердегі зарядтау режимінде SB жұмыс кернеуі (AB кернеуіне тең) электр энергиясын өндірудің максималды режиміне сәйкес келетін оптикаға ешқашан сәйкес келмейді, өйткені SB-нің оңтайлы кернеуі күнде барынша қызады (мысалы, +70° С дейін), ол батареяның максималды зарядтау кернеуінен төмен болмауы керек (бұл жағдайда 14,4 В). Әйтпесе күн батареясы энергияны батареяға бермейді.

Осылайша, күн батареясы пропорционалды түрде фотоэлектрлік панельдердің максималды температурасынан басқа (мысалы, +70°С) жұмыс температураларында қолданылады.

КСМ-160 модулінің техникалық сипаттамалары. Габаритті өлшемдері – 585×805×34 мм. Салмағы – 15 кг. Электрлік сипаттамалары (1000 Вт/м² +25°С): $P_{\max} = 160$ Вт (5%); $U (P_{\max}) = 35,0$ В (5%); $U_{\text{хх}} = 43$ В (5%); $I_{\text{кз}} = 5$ А (5%); $I (P_{\max}) = 4,5$ А (5%). Температуралық шегі –40 дан +85°С дейін.

Фотоэлектрлік панельдердің әртүрлі температурасында КСМ-160 күн батареясының екі вольт-амперлік және вольт-ватты модульдерінің графигін саламыз (1-сурет).

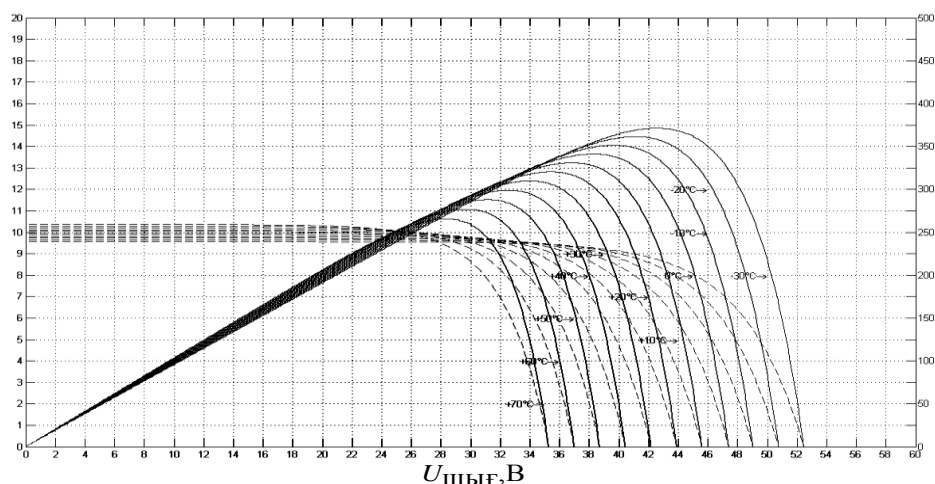
Электр қондырғылары аккумуляторларының номиналды кернеуі 12 В тізбектелген екі қорғасын қышқылынан тұрады деп есептейік, аккумулятормен бірге жүктеме күн батареясы, батарея мен аккумулятордың байланыстырушы буыны болып табылатын контроллердің барлық қуатын алуға қабілетті. Максималды қуат мәндеріне сәйкес келетін SB кернеуі немесе SB және AB қысқа тұйықталу шиналарын қосады, батарея зарядтың екі күйінде болады қуат ($U_{\text{CB}} = 24$ В, $U_{\text{CB}} = 28$ В).

Сондай-ақ, күндіз панель күн сәулесімен, дұрыс бұрыштармен және бірдей радиация тығыздығымен жарықтандырылады делік. Ауа-райы жағдайы, ауаның мөлдірлігі және күн радиациясының қарқындылығының өзгеруі қарастырылмайды.

Екі КСМ-160 модулінен тұратын күн батареясы өндіретін қуаттың есептік мәні –30...+70°С температуралық диапазонда, батареяның екі зарядталған күйіне сәйкес келеді ($U_{\text{CB}} = 24$ В, $U_{\text{CB}} = 28$ В) кестеде келтірілген.

$I_{\text{шығ}}, \text{А}$

$P_{\text{шығ}}, \text{Вт}$



Сурет 1. СБ нүктесіндегі воль-амперлік және воль-ваттық сипаттама (екі модуль КСМ-160)

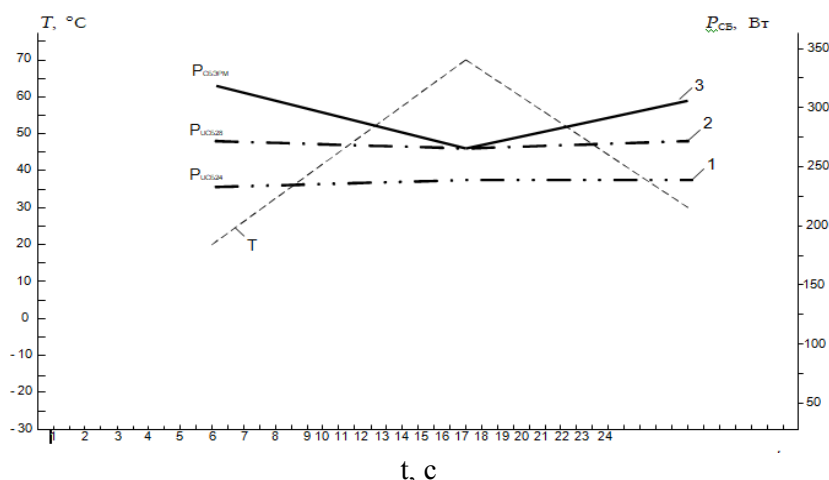
Кесте

Қуат мәндері

T, °C	U _{хх}	U ₀	I _{кз}	I ₀	P _{УСБ24В}	P _{УСБ28В}	PЭРМ
-30	52,46	43,106	9,56	8,604	226	371	371
-20	50,74	41,622	9,64	8,676	227	361	361
-10	49,02	40,142	9,72	8,748	228	351	351
0	47,4	38,668	9,8	8,82	229	341	341
10	45,58	37,198	9,88	8,892	230	331	331
20	43,9	35,733	9,96	8,964	231	320	320
30	42,14	34,272	10,04	9,036	232	310	310
40	40,42	32,817	10,12	9,108	233	299	299
50	38,7	31,366	10,2	9,18	234	288	288
60	36,98	29,920	10,28	9,252	235	277	277
70	35,26	28,479	10,36	9,324	236	266	266

Қабылданған болжамдар мен кестенің есептелген мәліметтерін ескере отырып және электр станциясының күндізгі уақытта 06.00-ден 21.00 сағат аралығында (жазда) жұмыс жасайтындығын ескеріп, SB өндіретін қуаттың өзгеруін $U_{СБ} = 24 \text{ В}$ (P_{УСБ24}), $U_{СБ} = 28 \text{ В}$ (P_{УСБ28}) және $U_{СБ} = U_{СБорт}$ (P_{СБ ЭРМ}) деңгейінде анықтадық (2-сурет). Күн панелінің T температурасы күн бойына өзгеріп тұрады. 06.00 сағатта панельдің температурасы +20°C құрайды. Максималды температура жергілікті уақыт бойынша 14.00 сағатта болады және +70°C құрайды. Күн батқанға дейін, сағат 21.00-де панельде +30°C температура болады.

Графиктерді талдау күн батареясының шығу қуатының күн ішінде өзгеруінің жалпы тенденциясын көрсетеді. Күн батареясындағы тұрақты кернеумен (USB = 24 В, USB = 28 В), оның шығу қуаты күні бойы өзгермейді. Шығарылатын энергия деңгейі неғұрлым жоғары болса, батареядағы кернеу (батареяның зарядталу деңгейі) соғұрлым жоғары болады. Электр графигіндегі аудан есептеу кезеңінде SB шығарған энергияға сәйкес келеді.



Сурет 2. $U_{CB} = 24B(1 - PU_{CB24})$ болғандағы күн батареясының өзгеру графигі

Экстремалды басқарумен СВ шығыс қуаты таңертең және кешке, панельдің максималды температурасы номиналдыдан едәуір төмен болған кезде анағұрлым жоғары болады. 14.00 сағатта СВ шығу қуаты (төтенше реттеумен) іс жүзінде 28В болады, ол тұрақты кернеудегі қуатқа тең, өйткені дәл қазіргі уақытта СВ тақталары максималды дизайн деңгейі – +70°C дейін қызады, $U_{CB\text{ опт}}$ төмендейді және 28 В-қа жақындайды.

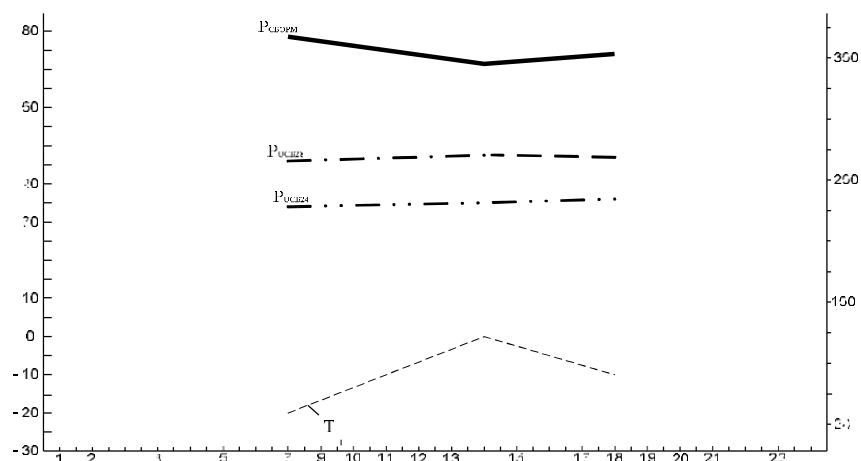
$W_{CB\text{ ЭРМ}} / W_{CB}$ қатынасы арқылы көрінетін СВ қуатының экстремалды режимін іске асырудың тиімділігін анықтайық, мұндағы $W_{CB\text{ ЭРМ}}$ - СВ максималды қуат нүктесінде СВ кернеуін реттеу кезінде пайда болатын энергия; W_{CB} – аккумулятордың кернеуімен анықталатын СВ тұрақты кернеуде СВ шығаратын энергия.

Бағалау есептеулері экстремалды реттегіш 24 В тұрақтандыру режимімен салыстырғанда энергия тиімділігін 24%-ға және 28 В тұрақтандыру режимімен салыстырғанда 8%-ға арттыратынын көрсетеді. Бұл СВ панельдерінің температурасы максималды жобалық мәніне жеткенде +70 болады.

Төтенше реттегіштерді қолдану көктемде, күзде және қыста тиімді болатыны анықталды. 3-суретте күн батареясы қуатының өзгеру графигі (көктемдегі) көрсетілген $U_{CB} = 24B(1 - PU_{CB24})$, $U_{CB} = 28B(2 - PU_{CB28})$, $U_{CB} = U_{CB\text{ опт}}(3 - PU_{CB\text{ЭРМ}})$

Графиктерді талдаудан күн батареясының тұрақты кернеудегі қуаты өзгермегенін, өндірілетін энергияның мәні СВ 24 В тұрақты кернеуімен 2285 Вт/сағ және СВ 28 В тұрақты кернеумен 26 Вт/сағ болатынын көруге болады, төтенше реттеумен, қуат СВ айтарлықтай артады, өндірілетін энергияның мәні 3484 Вт құрайды. ERM СВ режимінің энергия тиімділігі сәйкесінше 52,4 және 30% құрайды.

Алынған нәтижелер күн батареясының тұрақты кернеуі бар жүйелермен салыстырғанда реттеу әдісінің тиімділігін көрсетеді. Оны жүзеге асыру, сондай-ақ күн артындағы фотоэлектрлік панельдерді автоматты түрде қадағалауды жүзеге асыру автономды электр станцияларының энергия тиімділігін арттырудың ең тиімді әдісі болып табылатынын дәлелдейді.



$$U_{CB} = 28B(2 - PU_{CB28}); U_{CB} = U_{CBopt}(3 - PU_{CBЭЭМ}) T, \text{ } ^\circ\text{C} = -20 \dots 0 \dots -10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Сурет 3. $U_{CB} = 24B(1 - PU_{CB24})$ болғандағы күн батареясы қуатының өзгеруі

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Терехов, В.М. Системы управления электроприводами [Текст]: учебник / В.М. Терехов, О.И. Осипов. – М.: Издательский центр Академия, 2005. – 298 с.
- 2 Мжельский, Н.И. Справочник по механизации животноводческих ферм и комплексов [Текст] / Н.И. Мжельский, А.И. Смирнов. – М.: Колос, 1984. – 336 с.
- 3 Кукта, М.Г. Машины и оборудование для приготовления кормов [Текст] / М.Г. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.
- 4 Мусин, А.М. Электропривод сельскохозяйственных машин и агрегатов [Текст] / А.М. Мусин. – М.: Агропромиздат, 1985. – 239 с.
- 5 Ерошенко, Г.П. Выбор мощности электродвигателей для привода рабочих механизмов с учетом их особенностей [Текст] / Г.П. Ерошенко, В.П. Костюк, Г.С. Курбатова // Электротехническая промышленность. Сер. Электропривод. – 1983. – №1(99). – С.17-19.

REFERENCES

- 1 Terekhov, V.M. Electric drive control systems [in Russian] / V.M. Terekhov, O.I. Osipov - M: Publishing Center Academy, 2005 – 298 p.
- 2 Mzhelsky, N.I. Handbook of mechanization of livestock farms and complexes [in Russian] / N.I. Mzhelsky, A.I. Smirnov, Moscow: Kolos, 1984.- 336 p.
- 3 Kukta, M.G. Machines and equipment for the preparation of feed [in Russian] / M.G. Cookta. - M.: Agropromizdat, 1987. - 303 p.
- 4 Musin A.M. Electric drive of agricultural machinery and units [in Russian] / A.M. Musin M.: Agropromizdat, 1985. -239 p.
- 5 Eroshenko, G.P. The choice of power of electric motors to drive working mechanisms, taking into account their features [in Russian] / G.P. Eroshenko, V.P. Kostyuk, G.S. Kurbatova // Electrical Engineering Industry. Ser. Electric drive. - 1983. - No. 1 (99). - P.17-19.

Материал редакцияға 04.02.20 түсті.

С.Б. Көшербай, Н.Ш. Абдлахатова

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРОИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

В статье рассматривается модель солнечного элемента и способы получения энергии с помощью солнечных батарей. Рассмотрена степень повышения энергоэффективности автономных фотоэлектрических установок в режиме регулирования солнечной энергии. Эффективность метода регулирования показана в сравнении с системами с постоянным напряжением солнечной батареи. Также описано, что автоматический мониторинг фотоэлектрических панелей является наиболее эффективным способом повышения энергоэффективности автономных электростанций.

Ключевые слова: автономная фотоэлектростанция, солнечная батарея, аккумуляторная батарея, энергоэффективность, избыточное регулирование солнечной энергии.

S.B. Kosherbay, N.Sh Abdlakhatova

Taraz State University named after M. Kh. Dulaty, Taraz, Kazakhstan

ENHANCING ENERGY EFFICIENCY SOLAR PHOTOELECTRIC INSTALLATION

The article discusses a model of a solar cell and methods for generating energy using solar panels. The degree of increasing the energy efficiency of autonomous photovoltaic installations in the solar energy regulation mode is considered. The effectiveness of the control method is shown in comparison with systems with a constant voltage of the solar battery. It was also shown that automatic monitoring of photovoltaic panels is the most effective way to increase the energy efficiency of autonomous power plants.

Keywords: autonomous photoelectric power station, solar battery, storage battery, energy efficiency, excessive regulation of solar energy.