

52 Jakobsen, M. Biobased packaging of dairy products / M. Jakobsen, V. Holm, D. Mortensen // In "Environmentally compatible food packaging" (Chiellini E. ed.). Elsevier. – 2008.

53 Petersen K. Physical and mechanical properties of biobased materials / K. Petersen, P. V. Nielsen, M. B. Olsen // Starch. – 2001. – № 53. – P. 356-361.

54 Bocharova-Leskina A.L. Ekologicheskaya upakovka pishchevyyh produktov v aspekte ih hranimosposobnosti / A. L. Bocharova-Leskina, S. B. Verbickij, E. V. Kopylova, O. B. Kozachenko, N. N. Pacera // Ekologicheskie chteniya – 2021: Materialy XII Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (g. Omsk, OGAU, 4-5 iyunya 2021 goda). – S. 96-102.

ТҮЙІН

Тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі мен ресурстарды үнемдеудің заманауи талаптарына сәйкес азық-түлік өнімдерінің негізгі топтарын сақтау кезінде олардың бұзылуын, сондай-ақ тағамдық құндылығын жоғалтуын анықтау және ғылыми негізделген болжау теориясы мен тәжірибесі талданған. Өнімдердің сақтау мерзімін динамикалық анықтау үшін келесі факторларды ескеру қажет екені анықталды: ішкі (физикалық, химиялық, биохимиялық және микробиологиялық ластану), сыртқы (климат, экология, ауылшаруашылық әдістері, сақтау және сату шарттары, сондай-ақ адамдармен өзара әрекеттесу). Өнімді сақтау және өткізу кезінде әсер ететін факторлардың сипаттамасы ретінде сапаны жоғалту кинетикасы қолданылды. Оларға микробтардың өмірлік циклінің үлгілері (микробиологиялық болжау), физикалық сипаттамалар (мысалы, құрылымы мен түсі) және қоректік және токсикологиялық факторларға әсер ететін химиялық/биохимиялық параметрлер кіреді. Тағамдардың негізгі бұзылу процестерін физикалық (құрылымдық-механикалық), химиялық және микробиологиялық деп бөлуге болады. Олардың арасында корреляция бар және көп жағдайда бүлінудің үш түрі де байқалады. Олар сызықтық емес тәуелділік заңдары бойынша өзара байланысып, бір-біріне әсер етеді. Азық-түлікті сақтау кезінде сақтау ұзақтығына әсер ететін және бұзылу түрін анықтайтын бірнеше негізгі факторлар бар: температура, рН, судың белсенділігі, оттегінің болуы, жарық ағынының қарқындылығы, ингредиенттердің әртүрлілігі мен қасиеттері, сондай-ақ олардың ыдырау өнімдері ретінде. Азық-түлік сақтау сыйымдылығын болжауға арналған математикалық модельдер көбінесе тағам сапасының жалпы үлгілеріне біріктірілген. Сапа көрсеткіштерінің үлгілері азық-түлік өнімдерін сақтау және сату кезеңіндегі процестерді түсінуге, болжауға және бақылауға мүмкіндік береді.

УДК 631.171:502.174.3

МРНТИ 68.85

DOI 10.56339/2305-9397-2022-4-3-194-204

Артюхов И.И., техника ғылымдарының докторы, профессор, **негізгі автор**, <https://orcid.org/0000-0001-8699-4066>

Ю.А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Политехническая көшесі, 77, Саратов қ., 410054, Ресей Федерациясы, ivart54@mail.ru

Ербаев Е.Т., PhD доктор, , <https://orcid.org/0000-0002-3186-9994>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, erbol.erbaev@mail.ru

Куптлеуова К.Т., аға оқытушы, <https://orcid.org/0000-0001-9631-2831>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, kenzhe73-73@mail.ru

Утемисова Н.Е., аға оқытушы, магистр, <https://orcid.org/0000-0003-2921-6086>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, nyrchi@mail.ru

Ербаева Н.Б., аға оқытушы, магистр, <https://orcid.org/0000-0001-6008-542X>

Қазақстан инновациялар және телекоммуникациялық жүйелер университеті, Мәншүк Маметова көшесі, 81, 0900006, Қазақстан Республикасы, nurgul_0986n@mail.ru

Artyukhov, I.I., doctor of Technical Sciences, Professor, **main author**, <https://orcid.org/0000-0001-8699-4066>

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, st. Polytechnic. 77, 410054, Saratov, Russian Federation, ivart54@mail.ru

Yerbayev Ye.T., doctor PhD, <https://orcid.org/0000-0002-3186-9994>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, erbol.erbaev@mail.ru

Kuptleuova K.T. senior lecturer, <https://orcid.org/0000-0001-9631-2831>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, 51, kenzhe73-73@mail.ru

Utemisova N.E., Master of technical sciences, senior lecturer <https://orcid.org/0000-003-2921-6086>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nyrchi@mail.ru

Yerbayeva N.B., Master of technical sciences, senior lecturer <https://orcid.org/0000-0001-6008-542X>
Kazakhstan University of Innovation and Telecommunication Systems, Uralsk, st. Manshuk Mametova 81, 090006, Kazakhstan, nurgul_0986n@mail.ru

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІ ҮШІН ЖАҢАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІН ПАЙДАЛАУ THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR ELECTRIC POWER SUPPLY SYSTEM FARMING

Аннотация

Орталықтандырылмаған аймақтардың тұтынушыларын электрмен жабдықтау үшін дизель генераторлары кеңінен қолданылады. Жанармай шығынын азайту үшін бұл генераторлар жел мен күн энергиясын пайдаланатын қондырғылармен толықтырылды. Электрлендірудің әртүрлі деңгейіндегі фермерлік шаруашылыққа арналған жүктемелерге талдау, сондай-ақ жел-дизель қондырғыларын құру сұлбаларына талдау жүргізілді. Осындай қондырғылар негізінде фермерлік шаруашылықты электрмен жабдықтау жүйесінің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік беретін техникалық шешімдер ұсынылды. Автономды электрмен жабдықтау жүйесіндегі энергия ағынын басқару мәселелері қарастырылды. Энергия көздері ретінде дизель генераторы, жел генераторы және күн панельдері болып табылады. Энергия ағындары тұрақты тоқ тізбегінде жинақталып қосылады, содан кейін айнымалы токтың электр энергиясына түрлендіріледі.

ANNOTATION

Diesel generators have been widely used to supply electricity to consumers in decentralized zones. To reduce fuel consumption, these generators are supplemented with installations using wind and solar energy. The analysis of loads for farms of various levels of electrification, as well as the analysis of schemes for the construction of wind-diesel installations, is carried out. Technical solutions are proposed to improve the technical and economic indicators of the farm power supply system based on such installations. The issues of energy flow control in an autonomous power supply system are considered. The energy sources are a diesel generator, a wind generator and solar panels. The energy flows are summed up in a direct current link, then inverted into alternating current electrical energy.

Түйін сөздер: жел дизельді қондырғы, жел генераторы, күн панельдері, қозғалтқыш жүктемесі, дизель генераторы, инвертор, автономды электрмен жабдықтау, электрмен жабдықтау жүйесі, дизельді электр станциялары, фермерлік шаруашылық.

Key words: wind-diesel plant, wind generator, solar panels, motor load, diesel generator, inverter, autonomous power supply, power supply system, diesel power plants, farming.

Кіріспе. Нарықтық экономиканың жаңа жағдайларында жүргізілетін жерді пайдалану саясаты әртүрлі мамандандыруы бар фермерлік шаруашылықтарды жаппай дамытуға, жалға берілетін кәсіпорындарды құруға, ауыл шаруашылығы өнімдерін бастапқы өңдеу және сақтау кәсіпорындарын кеңейтуге бағдарланған. Сонымен қатар, орталықтандырылған электрмен жабдықтаудан едәуір алыс орналасқан шағын фермалар бар. Мұндай шаруашылықтар үшін, егер техникалық-экономикалық негіздеме кезінде ол орталықтандырылған қоректендіру

жүйесінен электрмен жабдықтаумен салыстырғанда оңтайлы болып шықса, шағын қуатты электр станцияларынан автономды электрмен жабдықтау нұсқасы ұсынылуы мүмкін, мысалы, электр желілік объектілерге дейін айтарлықтай қашықтық болған жағдайда [1-8].

Ауыл шаруашылығындағы фермаларды автономды электрмен жабдықтау әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылуы мүмкін. Бұл үшін көбінесе номиналды қуаты 8-50 кВт болатын дизельді электр станциялары (ДЭС) қолданылады. Қашықтағы және маусымдық нысандарды қуаттандыру үшін мобильді электр генераторлары да қолданылады.

ДЭС әдетте, бір уақытта жұмыс істейтін электр қабылдағыштардың жалпы қосылған қуатына сәйкес таңдалады, ол орташа қуат коэффициентін ескере отырып, ең жоғары жүктемемен жарты сағаттық уақыт аралығында анықталады. Технологиялық кестені құру кезінде алдымен толық көлемде қамтамасыз етілуі керек процестер қарастырылады, содан кейін шектеулі қуат диапазонында қызмет көрсетуге болатын процестер қарастырылады. Сондай-ақ, кейбір процестер үшін қажетті қуатты азайтып, жеке процестерді күннің басқа уақытына ауыстыру және т.б. есептік жүктемені азайтуға тырысу керек.

Фермерлік шаруашылықтың электр тұтыну жабдықтарының құрамы қуаттылығы мен пайдалану уақыты жағынан айтарлықтай әр түрлі. Электр тұтыну тәулік, ай, маусым және жалпы жыл ішінде өте біркелкі емес. Егер экономика жағынан тұтынатын орташа өлшенген қуатты есептесеңіз, онда ол өте жоғары болмайды. Ең жоғары (пиктік) қуат тұтынуына назар аудару керек.

Ең жоғары лезде тұтынылатын қуат бір уақытта қосылуы мүмкін барлық электр қабылдағыштардың жалпы қуатымен анықталады, яғни қуат көзіне жүктеме тұрғысынан ең нашар жағдай. Электр энергиясын тұтынудың күнделікті шыңдары (пик) әдетте таңертең және кешке келеді. Бұл әсіресе қысқы кезеңге тән, электр жылытқыштары қарапайым құрылғылардың жұмысына қосылған кезде. Алайда, фермерлік шаруашылығындағы электр жабдықтарының едәуір мөлшеріне қарамастан, барлық жабдық немесе оның көп бөлігі бір уақытта қосылатын жағдай туындамайды. Мысалы, 4 адамнан тұратын отбасы үшін орташа жылдық қуат 0,7 кВт құрайды. Бұл жағдайда шағын үйді тұтынудың орташа шыңы (пик) 3 кВт-тан асады [9-15].

Фермерлік шаруашылықта қосымша мамандандырылған электр жабдықтарының болуына байланысты күрделі жағдай туындайды: астық ұнтақтағыштар, электр плиталары, жем дайындау қондырғысы, сорғылар, бірқатар басқа жабдықтар. Мысалы, қуаттылығы 10 кВт электр соқасы (плуг) жылына бірнеше рет қолданылады. Жабдықтың кейбір түрлері бір уақытта жұмыс істемейді (мысалы, қар жинағыш пен көгал шөп шапқыш әр түрлі маусымда қолданылады). Егер тұтынушы үнемдеу туралы ойланғысы келмесе және әдетте ақшаны ешқашан санамаса, онда 12-15 кВт тұрақты қуат бере алатын максималды қуатты жабдықты сатып алу туралы шешім қабылдауға болады (ең жоғары пиктік тұтынуға сәйкес), содан кейін кез-келген жабдықты қосу немесе қоспау туралы мәселе туындамайды [10-11].

Алайда, бұл мерзімінен бұрын, негізсіз қадам болады, бұл мүлдем артық қаржылық шығындарға әкеледі. Шынында да, іс жүзінде максималды қуат күн сайын емес, күніне бір-екі сағатқа ғана қолданылады. Электр генерациялайтын жабдықтың қуаты неғұрлым көп болса, соғұрлым көп ақша сатып алуға, содан кейін оны әрі қарай қызмет көрсетуіне жұмсалуды керек екенін ұмытпау керек. Сондай-ақ, қуаты бір уақытта жұмыс істейтін электр қабылдағыштардың жалпы қосылған қуатына сәйкес таңдалған дизель электр станциясын пайдалануы 1 кВт×сағ электр энергиясын өндіруге отын шығынын едәуір арттыруға әкелетіні маңызды.

Зерттеу әдістері. Дизельді электр станция жұмысы үшін отын сатып алу және жеткізу үшін пайдалану шығындарын азайту тәсілдерінің бірі фермерлік шаруашылықты электрмен жабдықтау үшін жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК) қолдану болып табылады. Сонымен қатар, электр энергиясын жеткізудің бірдей сенімділігі параметрлері мен құрамымен ерекшеленетін ЖЭК негізінде әртүрлі автономды электрмен жабдықтау жүйелерімен қамтамасыз етілуі мүмкін. Осыған орай, электр энергиясының құны осы жүйелердің параметрлері мен құрамына байланысты және осы тәуелділіктің функциясы ең аз болады [2].

Өңірде жел мен күн сияқты энергия тасығыштардың болуы дизель генераторлары жаңартылатын энергия көздерімен толықтырылатын электрмен жабдықтаудың гибридті жүйелерін құруды орынды етеді. Сонымен қатар, гибридті электрмен жабдықтау жүйесін құрудың әртүрлі нұсқалары мүмкін, олар жабдықтың құрамымен ғана емес, сонымен қатар

климаттық жағдайлар мен электр қабылдағыштардың құрамына байланысты жұмыс режимдерін ұйымдастырумен де ерекшеленеді.

Қазіргі уақытта электр тізбегі жиі қолданылады, онда көздер электр энергиясын аралық түрлендірусіз айнымалы ток жүктемесінің шинасына тікелей қосылады. Мұндай сұлбада электр энергиясының қосымша түрлендірулерінің болмауына байланысты тұтастай алғанда жоғары пайдалы әсер коэффициенті қамтамасыз етіледі.

Айнымалы ток шинасындағы қуаттың жинақталуымен тізбектің белгілі бір проблемасы – ол әр түрлі қуаттылықтағы екі немесе одан да көп генераторларды параллель жұмыс істеуге қосу және олардың арасындағы жүктемені бөлу. Электр электроникасының қарқынды дамуы жағдайында гибриді электр станциясының сұлбасы орынды болуы мүмкін, онда әр түрлі физикалық сипаттағы жеке көздердің энергия ағындарын жинақтауы тұрақты ток шинасында жүзеге асырылады. Егер аймақта жел энергетикасының үлкен әлеуеті болса, гибриді электрмен жабдықтау жүйесі жел шығаратын қондырғылар негізінде құрылады. Күн радиациясының жоғары деңгейі бар географиялық аудандарда күн-дизель қондырғыларын қолданған жөн. Жалпы, жаңартылатын энергияның әртүрлі түрлерін тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін гибриді электрмен жабдықтау жүйелері құрылуы мүмкін. Алайда, гибриді электрмен жабдықтау жүйесінде жаңартылатын энергия көздерінің тек бір түрін пайдалану желдің жылдамдығында немесе тұрақсыз күн радиациясында үлкен айырмашылықтары бар жерлерде экономикалық тұрғыдан тиімсіз [16-18].

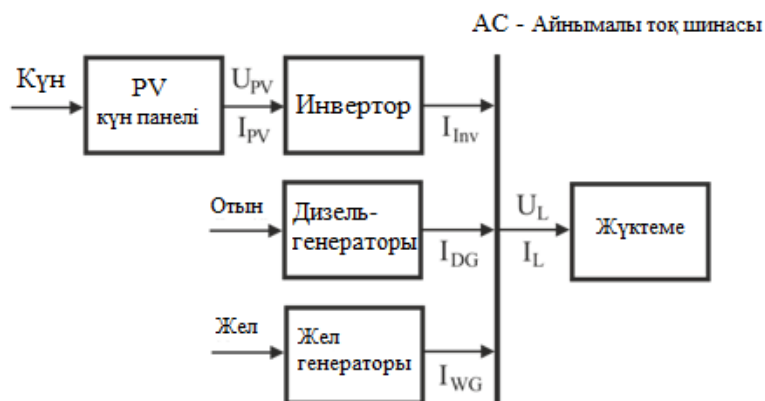
Электрмен жабдықтау жүйесінің жабдықтары энергия көзін пайдаланудың ең нашар жағдайларына сүйенуге мәжбүр, бұл өз кезегінде тұтастай электрмен жабдықтау жүйесінің айтарлықтай қымбаттауына әкеледі.

Бұл жағдайда жаңартылатын энергия көздерінің әртүрлі түрлерін аралас пайдалану орынды болады. Бұл көптеген жағдайларда күн радиациясының шыңы (пик) желдің минималды жылдамдығына және керісінше келеді, бұл гибриді күн электр станцияларында жалғыз жүйелермен салыстырғанда аз энергия қондырғысын пайдалануға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері. Екі түрлі энергия көздерін (күн мен жел) пайдалану жүйенің электр энергиясын өндірудің сенімділігін арттырады, жалғыз жүйелермен салыстырғанда сыйымдылығы аз батареяларды пайдалануға болады, бұл өз кезегінде автономды жағдайда энергия өндірудің жалпы құнына оң әсер етеді.

1-ші суретте жаңартылатын энергия көздерін қолдана отырып, электрмен жабдықтау жүйесінің гибриді конструкциясының кең таралған нұсқасы көрсетілген.

Энергия ағындарын жинақтау айнымалы ток шинасы арқылы жүзеге асырылады. Энергияның негізгі көзі дизель-генератор болып табылады, оған параллель жел генераторы қосылған, сонымен қатар, фотоэлектрлік панельдерден энергия инвертор арқылы жүктемеге түседі. Электрмен жабдықтау жүйесінің гибриді сұлбасы 1 суретте көрсетілгендей, мысалы, бірнеше жел генераторларын орнату арқылы жүйені масштабтауды жеңілдетеді. Электр энергиясын қосымша түрлендірудің болмауы тұтастай алғанда энергия жүйесінің жоғары тиімділігін анықтайды.



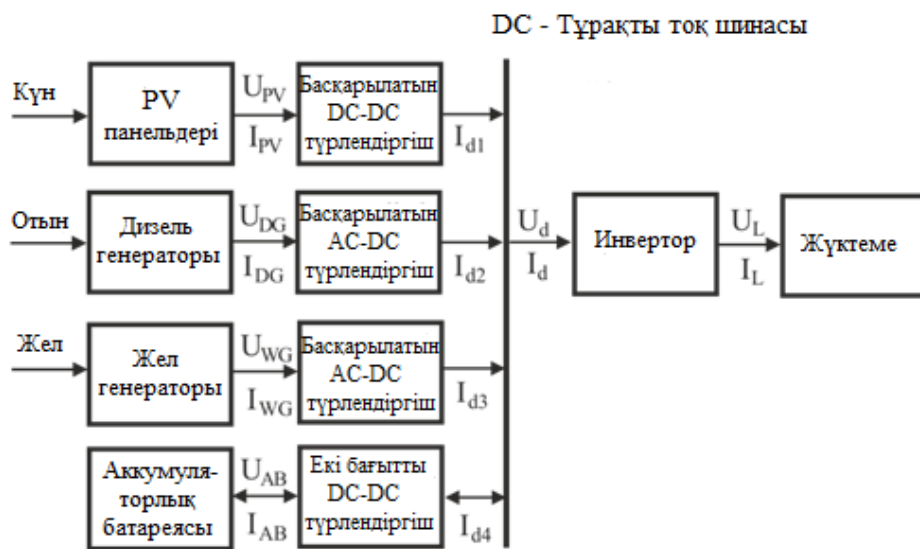
Сурет 1 – Айнымалы ток шинасы бойынша энергия ағындарын жинақтайтын гибриді электрмен жабдықтау жүйелері

Алайда, бұл тізбекте электр генераторларының шығуларында кернеу мен жиіліктің бірдей және тұрақты мәндері көрсетілуі керек, бұл жел доңғалақтары мен мультипликатордың айналу жиілігін аэродинамикалық тұрақтандырудың күрделі жүйелері бар жел генераторын пайдалануды немесе фазалық роторы бар асинхронды машинаны пайдалануды білдіреді, оның желілік инвертордан тиісті бақылауы.

Осы сұлбадағы қондырғыларды басқару жүйесі энергия ағындарын қажетті жұмыс алгоритміне сәйкес бөліп қана қоймай, сонымен қатар агрегаттардың іске қосылуын және олардың одан әрі синхронды жұмысын синхрондауды қамтамасыз етуі керек. Жел генераторының бұл түрі «үлкен» жел энергиясына тән және электр станцияларының қымбаттығына байланысты шағын энергия жүйелерін салуда өте шектеулі қолдануды табады.

Аз қуатты (100 кВт-қа дейін) гибриді электрмен жабдықтау жүйесі үшін әр түрлі физикалық сипаттағы энергия ағындарын жинақтау тұрақты токтың аралық шинасында жүзеге асырылатын құрылыс принципі анағұрлым перспективалы болып табылады [1].

Мұндай жүйенің нұсқаларының бірі 2-ші суретте көрсетілген. Ондағы негізгі энергия көздері дизель генераторы, жел генераторы және фотоэлектрлік панельдер болып табылады [19].



Сурет 2 – Тұрақты ток шинасы арқылы энергия ағындарын жинақтайтын гибриді электрмен жабдықтау жүйелері

Дизель генераторы мен жел генераторы айнымалы токтың электр энергиясын шығарады, ал осы генераторлардың әрқайсысының шығуындағы кернеудің жиілігі мен мөлшері бастапқы қозғалтқыш білігінің айналу жылдамдығына байланысты.

Соңғы уақытқа дейін дизель генераторлары шығыс кернеуінің берілген жиілігін алу үшін біліктің айналу жылдамдығын тұрақтандыру принципіне сәйкес құрылды. Алайда, зерттеулер көрсеткендей, кең диапазонда өзгертін жүктемеде біліктің бекітілген айналу жылдамдығы бар дизель генераторының жұмысы өндірістік емес отын шығындарымен бірге жүреді. Сондықтан қазіргі уақытта жүктемеге байланысты өзгертін біліктің айналу жылдамдығымен дизель генераторын құруға бағытталған бағыт дамуда [2].

Берілген сападағы электр энергиясын өндіру жиілік түрлендіргіштерімен қамтамасыз етіледі. Осы принцип бойынша салынған дизель генераторларында отын шығыны азаяды және жөндеу аралығы артады.

Фотоэлектрлік панельдер тұрақты токтың электр энергиясын шығарады. Олар сызықты емес вольт-амперлік сипаттамаларға ие, олардың барысы энергетикалық жарықталыну деңгейіне және панельдің температурасына байланысты. Күн панельдерінен тұрақты ток шинасына энергия беруді қамтамасыз ету үшін 3-ші суреттегі сұлбада тұрақты токтағы күшейту түрлендіргіші орнатылған.

Инвертор тұрақты ток шинасынан қуат алады және жүктемеде ауыспалы кернеуді қалыптастырады. Осылайша, электр энергиясы жүктемеге түсуі керек, оның сапа көрсеткіштері жүктеме параметрлерінің өзгеруінің белгілі бір диапазонында стандарттың талаптарына сәйкес келуі керек.

Екі бағытты тұрақты ток түрлендіргіші арқылы тұрақты ток шинасына аккумуляторда қосылады, ол электр жүйесінің жұмыс режиміне байланысты дизель генераторы, жел генераторы және фотоэлектрлік панельдер бірге немесе бөлек жұмыс істеген кезде немесе екі бағытты тұрақты ток түрлендіргіші - тұрақты ток түрлендіргіші және инвертор арқылы жүктемеге қуат берген кезде тұрақты ток шинасының кернеуінен зарядталады.

Қарастырылып отырған жүйе үшін активті қуат балансының теңдеуі (түрлендіргіш құрылғылардағы қуат шығынын ескермеген кезде) келесідей болады:

$$P_{DG} + P_{WG} + P_{SP} \pm P_{AB} = P_L, \quad (1)$$

мұндағы P_{DG} , P_{WG} , P_{SP} – дизель генераторы, жел генераторы және күн панельдері шығаратын қуат;

P_{AB} – аккумуляторлық батареямен берілетін (алынатын) қуат;

P_L – жүктемеден тұтынатын қуат.

Бұл жағдайда аккумулятор зарядталған күйде болса және жел генераторы мен күн панельдері максималды шығыс режимінде жұмыс істесе, дизель отынын тұтыну минималды болады.

Берілген жүктеме кезінде жел генераторы шығаратын энергия мөлшері желдің жылдамдығына, ал күн панельдерінің шығу қуаты күн радиациясына және панельдің температурасына байланысты. Сондықтан гибриді электрмен жабдықтау жүйесінің жүк көтергіштігі стационарлық емес шама болып табылады және келесі өрнекпен анықталады:

$$P_{L,max} = P_{DG}(n) + P_{WG}(v) + P_{SP}(R,T) + P_{AB}(Q). \quad (2)$$

Бұл жағдайда келесі шарттар орындалуы қажет:

$$P_{DG} \leq P_{DG}(n); \quad P_{WG} \leq P_{WG}(v); \quad P_{SP} \leq P_{SP}(R,T); \quad P_{AB} \leq P_{AB}(Q), \quad (3)$$

мұндағы $P_{DG}(n)$ – біліктің айналу жиілігі «n» кезіндегі дизель-генератордың қуаты;

$P_{WG}(v)$ – жел генераторы желдің жылдамдығы «v» кезіндегі шығаратын қуат;

$P_{SP}(R,T)$ – күн сәулесімен «R» және панель температурасы кезіндегі күн панельдердің шығаратын қуат;

$P_{AB}(Q)$ – заряд «Q» дәрежесіне байланысты батареяның қуаты.

Егер дизель генераторы біліктің айналу жылдамдығымен жұмыс істесе, онда оған шектеу пайда болады:

$$P_{DG} \leq P_{DG,nom}, \quad (4)$$

мұндағы $P_{DG,nom}$ – дизель генератордың номиналды қуаты.

Электрмен жабдықтау жүйесінің сенімді жұмысы белгілі бір қуат қоры болған жағдайда ғана мүмкін болады:

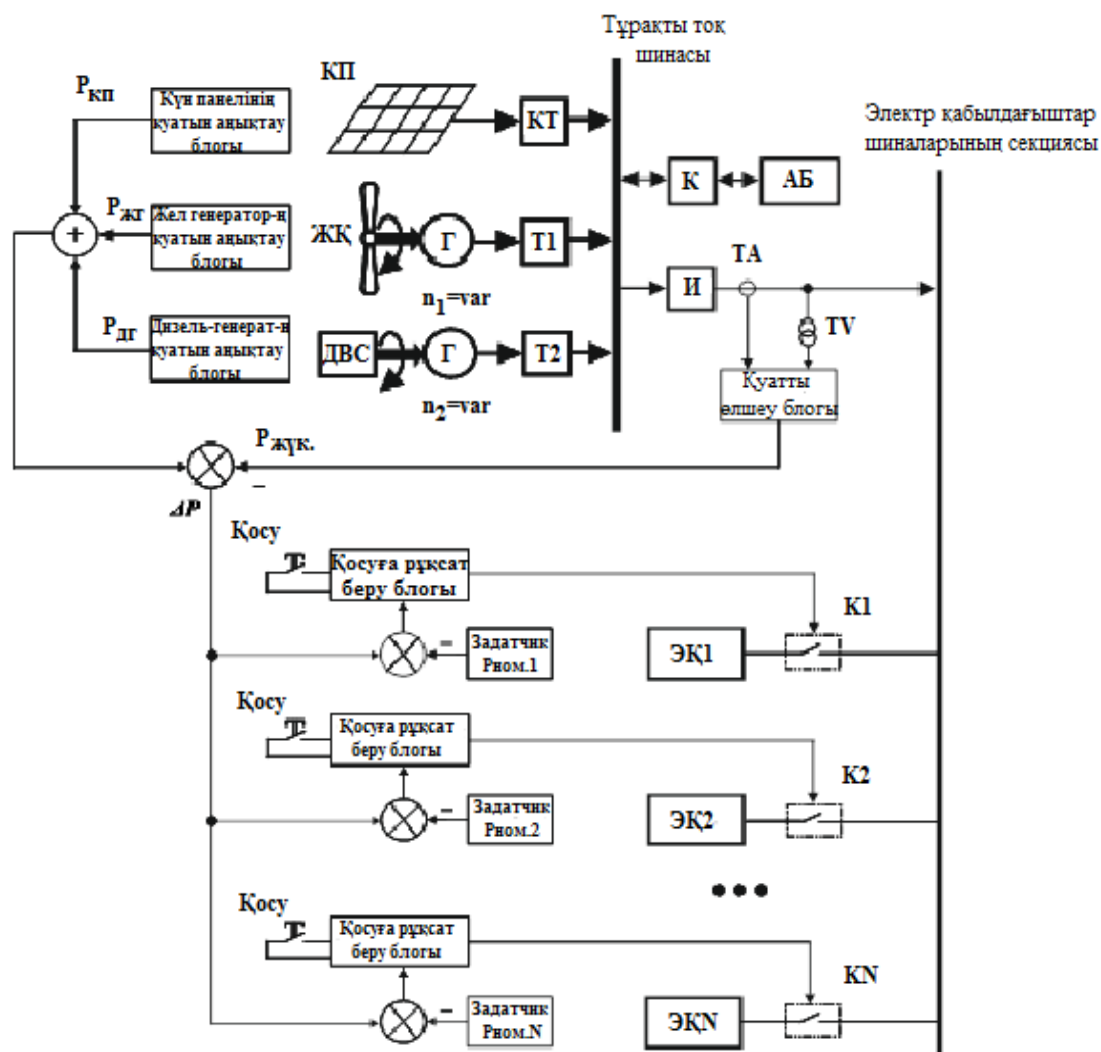
$$\Delta P = P_{L,max} - P_L. \quad (5)$$

Жалпы алғанда, бұл қуат көзі ауылшаруашылық фермадағы ең қуатты электр қабылдағыштардың, мысалы, кез-келген агрегаттар мен құралдардың электр қозғалтқыштарының тұрақты іске қосылуын қамтамасыз етуі керек, егер ағымдағы уақыт аралығында пайдалануға жоспарланған барлық жабдықтар жұмыс істеп тұрса.

Әрине, қуат қорының мөлшері (5) гибриді электрмен жабдықтау жүйесімен қоректенетін электр жабдықтарының сипаттамаларына байланысты және дизель генераторының, жел генераторының, күн панельдерінің және аккумулятор батареясының, сондай-ақ электрмен жабдықтау жүйесінің гибриді түрлендіргіштерінің белгіленген қуатының тиісті ұлғаюымен қамтамасыз етіледі.

Жоғарыда айтылғандардан, егер ол тек бір қуатты электр агрегатын іске қосуға арналған болса, қуат резерві (5) азайтылуы мүмкін. Келесі агрегаттық қосылым алдыңғы құрылғы іске қосылып, жүйе тұрақты күйге өткеннен кейін ғана орындалуы тиіс [20; 21].

3 суретте энергия көздерінің жүктеме қабілеті бақыланатын және энергия тұтыну режимі реттелетін тұрақты ток арнасы бар гибриді электрмен жабдықтау жүйесінің сұлбасы көрсетілген. Жүйе жел жылдамдығы, күн радиациясы, күн панельдерінің беткі температурасы, дизель генераторы білігінің жылдамдығы, қуат көздерінің сыйымдылығын талдау блогына қосылған батареялардың зарядтау дәрежесі датчиктерімен жабдықталған.



Сурет 3 – Энергия көздерінің жүктемені қабылдау қабілетін бақылайтын
гибридті электрмен жабдықтау жүйелері

Сонымен қатар, жүйеде электрмен жабдықтау жүйесі шығыс датчигін қолданылады. Ол инвертордың қуат тізбегіне орнатылуы мүмкін және төмендегідей формула бойынша есептеу негізінде ақпаратты шығарады:

$$P_L = U_d \cdot I_d ,$$

мұндағы U_d, I_d – инвертордың қуат тізбегіндегі кернеу мен тоқтың орташа мәні.

Күн радиациясының датчиктары арқылы және нақты уақыттағы температура туралы ақпарат негізінде $P_{SP}(R, T)$ қуаты есептеледі, оны берілген жағдайларда күн панельдерінен алуға болады. Жел жылдамдығының датчигі қазіргі уақытта жел генераторы бар $P_{WG}(v)$ қуатын бағалауға мүмкіндік береді. Дизель генераторының білік жылдамдығының датчигінен алынған

ақпарат $P_{DG}(n)$ дизель генераторының қуатына пропорционалды сигналға айналады. Олардың күйін бағалау үшін аккумуляторлық батарея зарядтау датчигі қажет.

Қорытынды. Нәтижесінде энергия көздерінің өткізу қабілеттілігін талдау блогының шығысында сигнал пайда болады, ол қазіргі уақытта гибриді электрмен жабдықтау жүйесінің өткізу қабілетіне пропорционалды.

Бұл сигнал салыстыру элементінің кірістерінің біріне, ал екінші кіріс электрмен жабдықтау жүйесінің нақты жүктемесі туралы ақпаратты алады. Нәтижесінде жүйеде қуат резерві туралы ақпарат бар сигналдар электрмен жабдықтау жүйесінің барлық электр басқару блоктарының кірістерінде үнемі болады.

Қуатты жүктемелер айналымы ток шинасына номиналды және іске қосу тоғы, іске қосу режимінің ұзақтығы және т.б. сияқты қосылған жабдықтың негізгі сипаттамалары туралы ақпараты бар сақтау карталарымен жабдыкталған коммутациялық блоктары бар тарату құрылғысы арқылы қосылады. Сондықтан, қандай да бір агрегатты жұмысқа қосу қажет болған жағдайда, алдымен сақтау картасына тігілген деректерді және қашықтықтан басқару кіруіндегі деректерді салыстыру арқылы осындай процестің жүзеге асырылуына жедел талдау жүргізіледі. Егер электрмен жабдықтау жүйесінің нақты жүктеме қуаты қуат көзін іске қосу үшін қажетті қуаттан асып кетсе, құрылғы іске қосылды деп есептейміз. Олай болмаған жағдайда, қазіргі уақытта әрекет орындалмауы мүмкін екендігі туралы сигнал беріледі, қолайлы жағдайды күту керек болады.

Осылайша, қуатты электр қабылдағыштар бір уақытта іске қосылған кезде, жел қондырғысының шамадан тыс жүктелуі орын алатын жағдайлар алынып тасталады. Сонымен қатар, қуатты электр қабылдағыштардың іске қосу режимдерін уақыт бойынша бөлу электр жабдықтарының белгіленген қуатын азайтуға мүмкіндік береді, бұл электр жабдықтарының құнын төмендетуге көмектеседі.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Ербаев Е.Т. Силовая электроника – основа современных электрогенерирующих ветроэлектрических комплексов / Е.Т. Ербаев, И.М. Павленко, С.Ф. Степанов // Актуальные проблемы электронного приборостроения: (АПЭП-2014): материалы XI Междунар. научно-техн. конф. – Саратов, СГТУ, 2014. – Т.2. – С. 261–266.

2 Артюхов И.И. Стабилизация напряжения в системе электропитания на основе синхронного генератора с изменяемой частотой вращения вала / И.И. Артюхов, Д.А. Бочкарев, Е.Т. Ербаев // Актуальные проблемы электронного приборостроения: (АПЭП-2014): материалы XI Междунар. научно-техн. конф. – Саратов, СГТУ, 2014. – Т.2. – С. 7–10.

3 Артюхов И.И. Модель фотоэлектрической панели в составе комбинированной системы электроснабжения / И.И. Артюхов, Г.Н. Тулепова, Е.Т. Ербаев, Е.Е. Артюхова // «Актуальные проблемы электронного приборостроения» (АПЭП-2012). 10-юбилейная междунар. научно-техн. конф. – Саратов, РИО СГТУ им. Гагарина Ю.А., 2012. – С. 341–344.

4 Artyukhov I.I. Adaptive Control of Energy Flows in the Hybrid Power Supply System / I.I. Artyukhov, S.F. Stepanov, G.N. Tulepova, E.T. Erbaev, K.K. Tulegenov // 2018 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2018, 2018, S. 355–361, 8542260.

5 Artyukhov I.I. Energy Efficiency Analysis of Control Algorithms for Fan Electric Drives in Gas Air-Cooling Plants / I.I. Artyukhov, A.M. Abakumov, A.I. Zemtsov, Ye.T. Yerbayev, V.P. Zakharov // Lecture Notes in Civil Engineering this link is disabled, 2022, 190, S. 46–55.

6 Artyukhov I.I. Transient processes with starting of a multi-pole asynchronous motor with a fan on the shaft / I.I. Artyukhov, S.F. Stepanov, E.E. Mirgorodskaya, N.P. Mityashin, A.I. Zemtsov // 2021 17th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2021 - Proceedings, 2021.

7 Doronina O.I. Ocenka nadezhnosti vozdukhnyh linij elektroperedachi s uchetom klimaticheskikh faktorov / O.I. Doronina, N.Yu. Shevchenko, K.N. Bahtiarov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2015. – № 9-2. – S. 226-230; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7296> (data obrashcheniya: 05.04.2022).

8 Kharzi S., Haddadi M. and Malek A., «Model of a Voltage Regulator for Cathodic Protection System Powered by Solar Photovoltaic Energy», Proc. International Conference on Modeling and Simulation MS'07 Algiers, 2007, pp. 274–277.

9 Обухов С.Г. Сравнительный анализ схем автономных электростанций, использующих установки возобновляемой энергии / С.Г. Обухов, И.А. Плотников // Промышленная энергетика. 2012. №7. – С. 46–51.

10 Воронин С.М. Повышение эффективности ветроэнергетических установок для автономного электроснабжения удаленных сельскохозяйственных потребителей / С.М. Воронин, А.П. Жогалев // Повышение надежности работы электрооборудования в сельском хозяйстве. – Зерноград: АЧГАА. – 2001. – Вып. 1. – С. 56-59.

11 Воронин С.М. Возобновляемые источники энергии в автономных системах энергоснабжения сельских объектов / С.М. Воронин. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2005. – 118 с.

12 Лукутин Б.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении / Б.В. Лукутин, О.А. Суржикова, Е.Б. Шандарова. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.

13 Лукутин Б.В. Способы снижения расхода топлива дизельных электростанций / Б.В. Лукутин, Е.Б. Шандарова // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2; URL www.science-education.ru/108-8615.

14 Степанов С.Ф. Обеспечение эффективной работы мультимодульной ветроэлектростанции при изменении скорости ветра и нагрузки / С.Ф. Степанов, И.М. Павленко, Е.Т. Ербаев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. (Электронный журнал) URL: www.science-education.ru/113-11407.

15 Ербаев Е.Т. Особенности построения автономной ветродизельной системы электроснабжения объектов с электроприемниками разного типа / Е.Т. Ербаев, И.И. Артюхов, С.Ф. Степанов, С.В. Молот // Современные проблемы науки и образования. 2015. №1; URL: www.science-education.ru/121-17998.

16 Артюхов И.И. Варианты построения схем автономных ветродизельных установок / И.И. Артюхов, Е.Т. Ербаев // Новые технологии и технические средства в АПК: материалы Междунар. конф., посвященной 105-летию со дня рождения профессора Красникова В.В. – Саратов: Изд-во «КУБиК», 2013. – С. 9–11.

17 Artyukhov I.I. Application of solar panels for power supplies of cathodic protection installations / I.I. Artyukhov, G.N. Tulepova // Наука и образование (научно-практический журнал Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана). – 2012. – № 2(27). – С.64–67.

18 Артюхов И.И. Ветродизельная установка для электроснабжения фермерского хозяйства / И.И. Артюхов, С.Ф. Степанов, С.В. Молот, Е.Т. Ербаев // Международная научная конференция «Возобновляемая и малая энергетика на сельских территориях, рекреационных зонах и удаленных объектах. Энергосберегающие технологии»: (Вестник аграрной науки Дона). Теоретический и научно-практический журнал – Ростов-на-Дону, 2016. №1 (33). – С. 41–48.

19 Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И.В. Черных. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.

20 Патент на полезную модель №1577 Республика Казахстан, МПК F03D 9/00 (2006.01). Гибридная система автономного электроснабжения / Ербаев Е.Т., Тулепова Г.Н., Артюхов И.И., Степанов С.Ф., Жексембиева, Н.С.; заявитель и патентообладатель ЗКАТУ им. Жангир хана. - №2015/0188.2; заявл. 29.06.2015; опубл. 29.07.2016, Бюл. – №8 – С.5.

21 Патент №2588613 Российская Федерация, МПК H02J 3/46. Ветродизельная система автономного электроснабжения / Артюхов, И.И., Степанов, С.Ф., Молот, С.В., Ербаев, Е.Т.; заявитель и патентообладатель СГТУ имени Гагарина Ю.А. - № 2015124275; заявл. 22.06.2016; опубл. 10.07.2016, Бюл. № 19. – 9 с.

REFERENCES

1 Erbaev E.T. Power electronics is basis of modern wind power electricity systems / E.T. Erbaev, I.M. Pavlenko, S.F. Stepanov // Conference Proceedings - 2014 International Conference

on Actual Problems of Electron Devices Engineering, DOI: 10.1109/APEDE.2014.6958255, 2014, 2, S. 261–266.

2 Artyukhov I.I. Voltage stabilization on the power supply system based on the synchronous generator with variable rotor speed / I.I. Artyukhov, D.A. Bochkarev, E.T. Erbaev // Conference Proceedings - 2014 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, DOI: 10.1109/APEDE.2014.6958206, 2014, 2, S. 7–10.

3 Artjukhov I.I. Model of PV panel as part of combined power systems / I.I. Artjukhov, G.N. Tulepova, E.T. Erbaev, E.E. Artjukhova // Conference Proceedings - 2012 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2012, 2012, S. 341–344, 6478076.

4 Artyukhov I.I. Adaptive Control of Energy Flows in the Hybrid Power Supply System / I.I. Artyukhov, S.F. Stepanov, G.N. Tulepova, E.T. Erbaev, K.K. Tulegenov // 2018 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2018, 2018, S. 355–361, 8542260.

5 Artyukhov I.I. Energy Efficiency Analysis of Control Algorithms for Fan Electric Drives in Gas Air-Cooling Plants / I.I. Artyukhov, A.M. Abakumov, A.I. Zemtsov, Ye.T. Yerbayev, V.P. Zakharov // Lecture Notes in Civil Engineering, 2022, 190, S. 46–55.

6 Artyukhov I.I. Transient processes with starting of a multi-pole asynchronous motor with a fan on the shaft / I.I. Artyukhov, S.F. Stepanov, E.E. Mirgorodskaya, N.P. Mityashin, A.I. Zemtsov // 2021 17th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2021 - Proceedings, 2021.

7 Doronina O.I. Ocenka nadezhnosti vozdukhnykh liniy elektroperedachi s uchetom klimaticheskikh faktorov / O.I. Doronina, N.Yu. Shevchenko, K.N. Bahtiarov // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. – 2015. – № 9-2. – S. 226-230; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7296> (data obrashcheniya: 05.04.2022).

8 Kharzi S., Haddadi M., and Malek A., «Model of a Voltage Regulator for Cathodic Protection System Powered by Solar Photovoltaic Energy», Proc. International Conference on Modeling and Simulation MS'07 Algiers, 2007, pp. 274–277.

9 Obuhov S.G. Sravnitel'nyy analiz shem avtonomnykh jelektrostantsiy, ispol'zuyushhih ustanovki vozobnovljaemoj jenerгии / S.G. Obuhov, I.A. Plotnikov // Promyshlennaya jenergetika. 2012. №7. – S. 46–51.

10 Voronin S.M. Povyshenie jeffektivnosti vetrojenergeticheskikh ustanovok dlja avtonomnogo jelektrosnabzhenija udalennykh sel'skohozjajstvennykh potrebitelej / S.M. Voronin, A.P. Zhogalev // Povyshenie nadezhnosti raboty jelektrooborudovaniya v sel'skom hozjajstve. – Zernograd: AChGAA. – 2001. – Vyp. 1. – S. 56-59.

11 Voronin S.M. Vozobnovljaemye istochniki jenerгии v avtonomnykh sistemah jenergosnabzhenija sel'skikh ob#ektov / S.M. Voronin. – Zernograd: FGOU VPO AChGAA, 2005. – 118 st.

12 Lukutin B.V. Vozobnovljaemaya jenergetika v decentralizovannom jelektrosnabzhenii / B.V. Lukutin, O.A. Surzhikova, E.B. Shandarova. – M.: Jenergoatomizdat, 2008. – 231 s.

13 Lukutin, B.V. Sposoby snizheniya rashoda topliva dizel'nykh jelektrostantsiy / B.V. Lukutin, E.B. Shandarova // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. № 2; URL www.science-education.ru/108-8615.

14 Stepanov S.F. Obespechenie jeffektivnoj raboty mul'timodul'noj vetrojelektrostantsii pri izmenenii skorosti vetra i nagruzki / S.F. Stepanov, I.M. Pavlenko, E.T. Erbaev // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2013. – № 6. (Jelektronnyy zhurnal) URL: www.science-education.ru/113-11407.

15 Erbaev E.T. Osobennosti postroeniya avtonomnoj vetrodizel'noj sistemy jelektrosnabzhenija ob#ektov s jelektropriemnikami raznogo tipa / E.T. Erbaev, I.I. Artjukhov, S.F. Stepanov, S.V. Molot // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. №1; URL: www.science-education.ru/121-17998.

16 Artyukhov I.I. Varianty postroeniya shem avtonomnykh vetrodizel'nykh ustanovok / I.I. Artyukhov, E.T. Erbaev // Novye tehnologii i tehnicheckie sredstva v APK: materialy Mezhdunar. konf., posvjashhennoj 105-letiju so dnja rozhdeniya professora Krasnikova V.V. – Saratov: Izd-vo «KUBiK», 2013. – S. 9–11.

17 Artyukhov I.I. Application of solar panels for power supplies of cathodic protection installations / I.I. Artyukhov, G.N. Tulepova // Nauka i obrazovanie (nauchno-prakticheskij zhurnal Zapadno-Kazhastanskogo agrarno-tehnicheskogo universiteta imeni Zhangir hana). – 2012. – №2(27). – S. 64–67.

18 Artyukhov I.I. Vetrodizel'naja ustanovka dlja jeлектросnabzhenija fermerskogo hozjajstva / I.I. Artyukhov, S.F. Stepanov, S.V. Molot, E.T. Erbaev // Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija «Vozobnovljaemaja i malaja jenergetika na sel'skih territorijah, rektreacionnyh zonah i udalennyh ob#ektah. Jenergosberegajushhie tehnologii»: (Vestnik agrarnoj nauki Dona). Teoreticheskij i nauchno-prakticheskij zhurnal – Rostov-na-Donu, 2016. №1 (33). – S. 41–48.

19 Chernyh I.V. Modelirovanie jeлектrotehnicheskikh ustrojstv v MATLAB, SimPowerSystems i Simulink / I.V. Chernyh. – M.: DMK Press; SPb.: Piter, 2008. – 288 st.

20 Patent na poleznuju model' №1577 Respublika Kazahstan, MPK F03D 9/00 (2006.01). Gibridnaja sistema avtonomnogo jeлектросnabzhenija / Erbaev E.T., Tulepova G.N., Artyukhov I.I., Stepanov S.F., Zheksembieva, N.S.; zajavitel' i patentoobladatel' ZKATU im. Zhangir hana. - №2015/0188.2; zajavl. 29.06.2015; opubl. 29.07.2016, Bjul. – №8 – C.5.

21 Patent №2588613 Rossijskaja Federacija, MPK H02J 3/46. Vetrodizel'naja sistema avtonomnogo jeлектросnabzhenija / Artyukhov, I.I., Stepanov, S.F., Molot, S.V., Erbaev, E.T.; zajavitel' i patentoobladatel' SGTU imeni Gagarina Ju.A. - № 2015124275; zajavl. 22.06.2016; opubl. 10.07.2016, Bjul. № 19. – 9 st.

РЕЗЮМЕ

Для электроснабжения потребителей децентрализованных зон широкое применение получили дизельные генераторы. Для снижения расхода топлива эти генераторы дополняют установками, использующими энергию ветра и солнца. Проведен анализ нагрузок для фермерского хозяйства различного уровня электрификации, а также анализ схем построения ветро-дизельных установок. Предложены технические решения, позволяющие улучшить технико-экономические показатели системы электроснабжения фермерского хозяйства на основе таких установок. Рассматриваются вопросы управления потоками энергии в автономной системе электропитания. Источниками энергии являются дизель-генератор, ветрогенератор и солнечные панели. Потоки энергии суммируются в звене постоянного тока, затем производится инвертирование в электрическую энергию переменного тока.

ӨОЖ 621.31

FTAXP 44.29.29

DOI 10.56339/2305-9397-2022-4-3-204-211

Артюхов И.И., техника ғылымдарының докторы, профессор, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0001-8699-4066>

Ю.Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, политехникалық көшесі, 77, 410054, Саратов, Ресей Федерация, ivart54@mail.ru

Булатов А.А., техника және технолоия магистрі, аға оқытушы, <https://orcid.org/0000-0003-0960-6941>

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, 090009, Орал қаласы, Жәңгір хан көшесі, 51, almat_82.82@mail.ru

Утемисова Н.Е., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, <https://orcid.org/0000-003-2921-6086>

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, 090009, Орал қаласы, Жәңгір хан көшесі, 51, nyrchi@mail.ru

Смирнова Л.В., техника ғылымдарының магистрі, оқытушы, <https://orcid.org/0000-0001-8217-4781>

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, 090009, Орал қаласы, Жәңгір хан көшесі, 51, smirnova_599@mail.ru

Ғұсманова А.Р., магистрант, <https://orcid.org/0000-0002-2510-9294>

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, 090009, Орал қаласы, Жәңгір хан көшесі, 51, aisgus23@mail.ru