

ӘОЖ 621.311.24

DOI 10.52167/1609-1817-2022-122-3-384 -390

АУЫЛДЫҚ ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ЖЕЛ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫ

Г.Т. Джаканова¹, Т.К. Тергемес¹, С.К. Шерьязов², Р.М. Нигматуллин¹,

¹Ғ. Даукеева атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы, Қазақстан

²Оңтүстік-Орал мемлекеттік аграрлық университеті, Челябинск, Ресей
E-mail: ashimova.gaukhat@mail.ru

Андатпа. Ауыл шаруашылық тұтынушыларын электрмен жабдықтау үшін төмен қуатты жел электр қондырғыларынан тұратын жел электр станциясын таңдау ұсынылады. Электрмен жабдықтау шығындарын азайту үшін мақсатты функция ұсынылған, ол бізге берілген жел доңғалағының диаметрі бар жел қондырғыларының оңтайлы санын таңдауға мүмкіндік береді. Бұл ретте электр энергиясын беруге жұмсалатын шығындарды азайту үшін алдымен жел паркі құрамында, ал электр энергиясын өндіруге жұмсалатын шығындарды азайту үшін жел электр станциясы құрамындағы жел парктөрін біріктіруге болады.

Түйінді сөздер. таратылған генерация, қайта жаңғыртылатын энергия көздері, жел энергетикалық қондырғы, жел паркі, жел электр станциясы

Кіріспе.

Азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін ауыл шаруашылығын дамыту қажет [1]. Саланың тұрақты дамуы электр энергиясымен жабдықтау жүйесін жетілдіру жолымен тұтынылатын энергия шығындарын барынша азайтуды талап етеді.

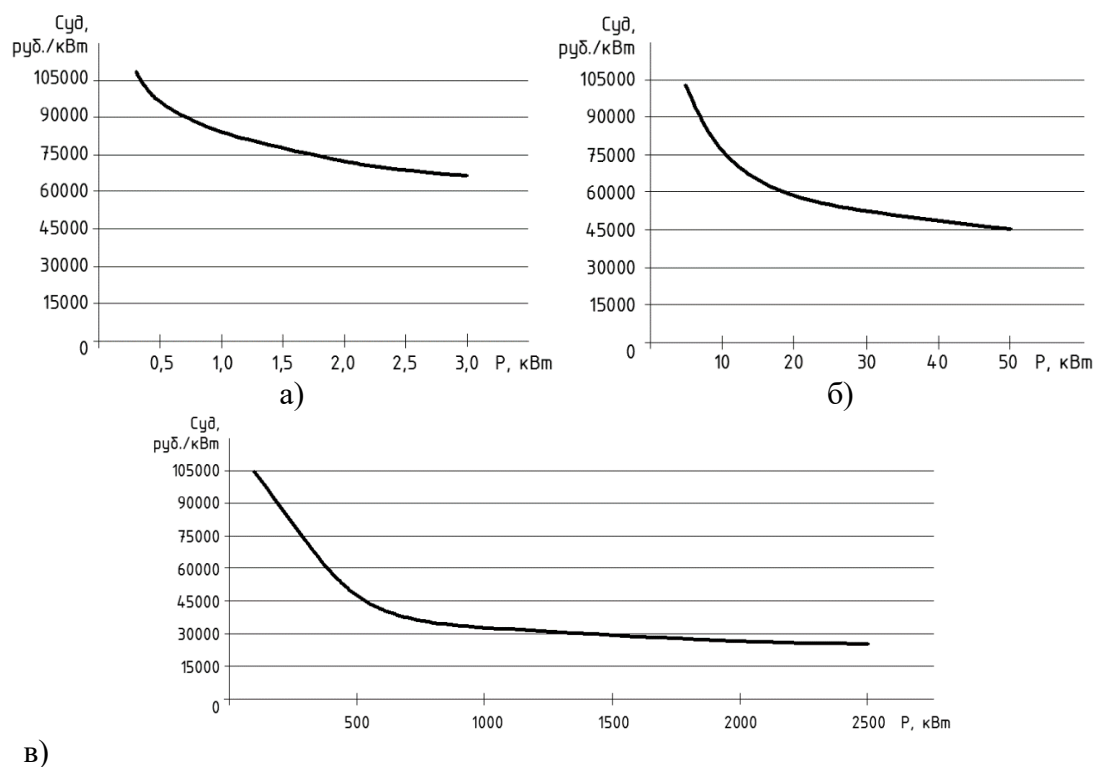
Ауылдық электрмен жабдықтау жүйесінде ең көп шығындар электр энергиясын беруге келеді. Бұл ретте ауылдық электр желілерінің үлкен ұзындығы және нормативтен тыс тозуы ауыл шаруашылығы тұтынушыларын электрмен жабдықтаудағы үзілістердің (АШТ) жылына 75 сағатқа дейін өсуіне, электр энергиясы сапасының нашарлауына және электр энергиясының жоғалуының 25% - ға дейін өсуіне алып келеді [2]. Электр энергиясының ең көп шығыны және тиісінше электрмен жабдықтаудың үлестік шығындарының өсуі орталықтандырылған электрмен жабдықтау жүйесінен алыс қуаты аз АШТ үшін байқалады.

Жоғарыда баяндалған мәселе таратылған генерация (ТГ) негізінде АШТ электрмен жабдықтау жүйесін жетілдіруді талап етеді [3]. Шағын электр станцияларын тікелей тұтынушылардың тарату құрылғыларына қосуға болады.

Материалдар және әдістер.

ТГ-ны дамыту бағыттарының бірі электр энергиясын өндіру кезінде ғана емес, сонымен қатар оны электр желілері арқылы беру кезінде органикалық отынды үнемдеуге мүмкіндік беретін жаңартылатын энергия көздерін пайдалану болып табылады. Қазіргі уақытта жаңартылатын энергетиканың барлық бағыттарының ішінде жел энергетикалық қондырғылар (ЖЭҚ) дәстүрлі электр энергиясы көздерімен бәсекеге барынша қабілетті болып табылады [4].

Қолданыстағы ЖЭҚ құндық көрсеткіштерін талдау ЖЭҚ меншікті құнының оның белгіленген қуатына тәуелділігін алуға мүмкіндік берді (1 сурет) [5].

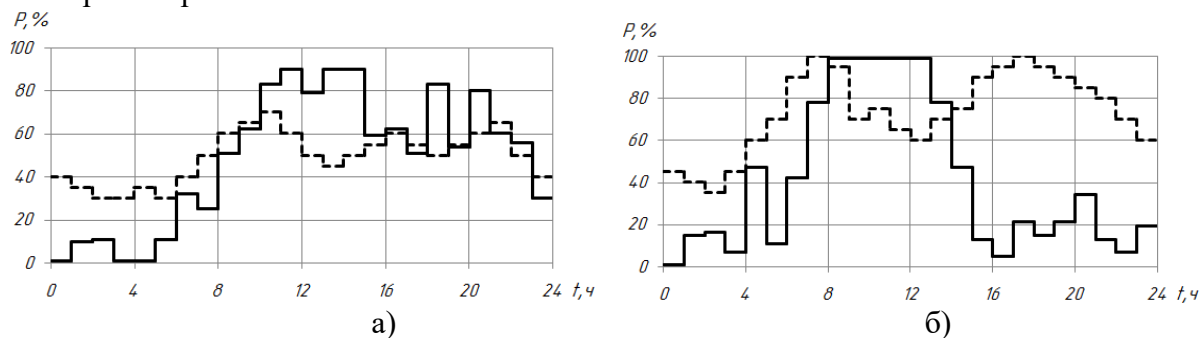


1 сурет – ЖЭҚ бірлік құны:
а) 3 кВт дейінгі ЖЭҚ; б) 3 ден 50кВт дейінгі ЖЭҚ; в) 50 кВт жоғары ЖЭҚ

Берілген деректерді талдау кезінде электрмен жабдықтау үшін бір жоғары қуатқа қарағанда бірнеше ЖЭҚ қолданған тиімді екенін көрсетті. Осылайша, ең жоғары жүктемесі 500 кВт-қа дейінгі АШТ үшін жел электр станциясының (ЖЭС) құрамында 50 кВт-қа дейінгі аз қуатты бірнеше ЖЭҚ пайдалану экономикалық тиімді.

ЖЭС құрамындағы өндірілген электр энергиясы электр жүктемелерінің кестесімен сипатталатын тұтынушының электр қабылдағыштарының жұмыс режиміне байланысты. Өз кезегінде жел энергиясының түсу режимі және тиісінше ЖЭС-тен өндірілетін энергия мөлшері кездейсоқ сипатқа ие болады. Содан кейін ЖЭС-тің белгіленген қуатын анықтау үшін АШТ-нің электр жүктемелерінің тәуліктік кестесін жергілікті жердің жел ағынының түсу режимімен келісу қажет.

Желдің жылдамдығын бақылау деректері бойынша жел ағынының тәуліктік кестесін алуға болады [6]. Мысал ретінде 2-суретте Челябині ауданының III жел энергетикалық аймағының жағдайында екі тән маусым (жаз және қыс) үшін тәуліктік кестелер келтірілген.

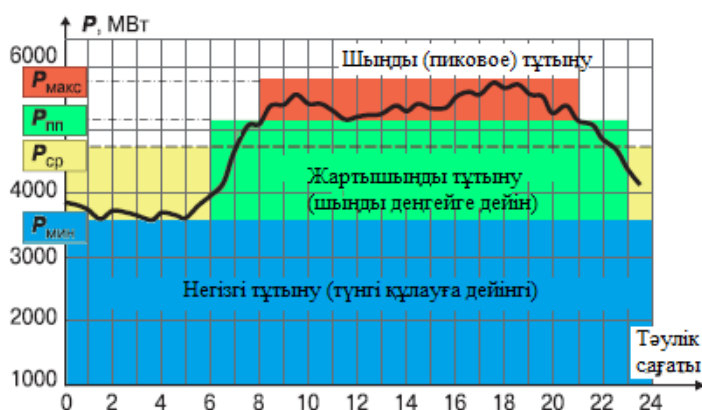


2 сурет – Челябині ауданының III жел энергетикалық аймағының жел ағынының түсу кестесі: а) жаз; б) қыс

Жел ағынының түсу графигін (тұтас сызық) және АШТ электр жүктемесінің графигін (нүктелі сызық) салыстырмалы талдау желдің жылдамдығы және тиісінше өндірілетін электр энергиясының көлемі күндіз ұлғайып, түнде азаятынын көрсетеді. Бұл ретте АШТ электр энергиясын тұтыну да күндізгі уақытта ұлғаяды. Жазда да, қыста да жел мен максималды электр жүктемелерінің өсуінің осындай сәйкес келуі оны беру кезінде электр энергиясының максималды шығыны болған кезде максималды жүктемелер кезінде дәстүрлі электрмен жабдықтау жүйесінен электр энергиясын тұтынуды азайтуға мүмкіндік береді.

ЖЭС қуатын таңдау маңызды болып табылады. Ол үшін электрмен жабдықтау жүйесіндегі электр жүктемесінің тәуліктік кестесін білу қажет. Біздің жағдайда кез-келген жүктеме графигі сияқты өзіндік сипаттамалары болуы керек АШТ электр жүктемесінің кестесін білуіміз керек.

Мысал ретінде 3 суретте электр жүйесінің типтік кестесі келтірілген, онда кестенің негізгі бөлігі минималды қуатпен сипатталады ($P_{мин}$). Содан кейін өндірілген электр энергиясын толық пайдалану үшін электр жүктемесі кестесінің негізгі бөлігіне тең ЖЭС қуатын алуға болады.



3 сурет – Энергожүйе жүктемесінің тәуліктік үлгілік кестесі

АШТ-ын ЖЭС-нан тиімді энергиямен қамтамасыз ету үшін электр энергиясын өндіруге де, тасымалдауға да шығындарды барынша азайту керек:

$$C_{вэс} = C_{выр} + C_{пер} \quad (1)$$

Жел электр станцияларынан электр энергиясын өндіру құны ретінде келесі өрнекті ұсынуға болады

$$C_{выр} = \frac{a_1 \cdot K_{уд.вэу1}}{W_{уд.вэу1}} x_1 + \frac{a_2 \cdot K_{уд.вэу2}}{W_{уд.вэу2}} x_2 + \dots + \frac{a_i \cdot K_{уд.вэуi}}{W_{уд.вэуi}} x_i \Rightarrow \min \quad (2)$$

мұндағы: x_i – ЖЭС құрамындағы i -ші ЖЭҚ-ң саны; $W_{уд. вэуi}$ – i -ші ЖЭҚ-дан өндірілген шартты электр энергиясының, кВтч/м²; a – ЖЭҚ-на қызмет көрсетуге арналған жалпы жылдық шегерімдері; $K_{уд. вэуi}$ – i -ші ЖЭҚ-ға арнайы инвестиция, руб/м².

Мақсаттық функцияның шешімі ауданның жел жағдайына және тұтынушының сипаттамаларына байланысты жел қондырғыларының санын және техникалық көрсеткіштерін келесі шектеулер бойынша анықтауға мүмкіндік береді:

$$\begin{cases} P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2 + \dots + P_i \cdot x_i \leq P_{нагр}; \\ 100d_1^2 \cdot x_1 + 100d_2^2 \cdot x_2 + \dots + 100d_i^2 \cdot x_i \leq S; \\ \frac{\pi}{4} d_1^2 \cdot x_1 \cdot W_{уд.взв1} + \frac{\pi}{4} d_2^2 \cdot x_2 \cdot W_{уд.взв2} + \dots + \frac{\pi}{4} d_i^2 \cdot x_i \cdot W_{уд.взви} \leq 0,01 \cdot S \cdot W_{уд} \end{cases}, \quad (3)$$

мұндағы: P_i – қарастырылып отырған i -ші ЖЭҚ қуаты, кВт; d – i -ші ЖЭҚ жел турбинасының диаметрі, м; $P_{нагр}$ – берілген электрлік жүктемесі, кВт; S – территорияның ауданы, м²; $W_{уд}$ – алынған аумақтың нақты ауданынан жел энергиясының ресурсы, кВт сағ/м².

Берілген жүктеме есептемеге тең болған кезде (ең жоғары жарты сағаттық шын) өндірілетін электр энергиясының артығын күту керек. Бұл ретте ЖЭС электр энергиясының құнын жоғары деп күту керек [7].

Жел турбинасының (ЖТ) берілген диаметрі бар ЖЭҚ (x) саны ЖЭС салу үшін алып жатқан аумақтың s ауданына байланысты болады. Бұл ретте ЖЭҚ арасындағы қашықтық (10 ЖТ) кем болмауы тиіс, ал күтілетін өнім аумақтың берілген алаңындағы жергілікті жердің жел энергетикалық ресурсымен шектеледі [8].

Бір желіге біріктірілген бірнеше ЖЭҚ болып табылатын ЖЭС үшін электр энергиясын ең аз шығынмен беру маңызды. Ол үшін ЖЭС құрамында ЖЭҚ-тан электр энергиясын беруге арналған шығындарды айқындау қажет

$$c_{неp} = \frac{a \cdot K_{неp}}{W_{вэс} - \Delta W} \Rightarrow \min, \quad (4)$$

мұндағы: ΔW – таратылу кезіндегі электр энергиясының шығыны, кВт сағ.

АШТ электрмен жабдықтауды жалпы желі бойынша жүзеге асыру ұсынылады. Ол үшін ЖЭС электр жүктемелерінің орталығында ЖЭҚ-дан электр энергиясын қабылдау және оны тұтынушыларға беру мақсатында түрлендіру үшін қажетті электр жабдығын орнату ұсынылады.

ЖЭҚ-дан ЖЭС орталығына дейінгі (ΣL_1) және орталықтан тұтынушыға дейінгі (ΣL_2) қашықтықты 300 м қорғау аймағын ескере отырып, өрнектермен анықтауға болады [5]

$$\Sigma L_1 = 3,3x^{1,5} d_{вк}, \quad (5)$$

$$\Sigma L_2 = 2,86x^{0,7} d_{вк} + 300. \quad (6)$$

Электр энергиясын беру желісінің жалпы ұзындығы оны салу үшін қажетті инвестицияларды және оған қызмет көрсетудің жыл сайынғы шығындарын анықтайды. Электр энергиясын беру шығындарын барынша азайту бойынша мақсатты функцияны шешу берілген $d_{вк}$ - мен ЖЭҚ-ның оңтайлы санын анықтауға мүмкіндік береді.

Нәтижелер.

Бұл жұмыста жүргізілген зерттеулер қарастырылған екі мақсатты функцияны шешу ЖЭС құрамындағы ЖЭҚ-ның қажетті мөлшері бойынша әртүрлі нәтижелер бере алатындығын көрсетті. Бұл ретте, әдетте, электр энергиясын тиімді өндіру үшін электр энергиясын тиімді беруге қарағанда ЖЭҚ-ның көп мөлшері талап етіледі.

Бұл жағдайда ЖЭС құрамындағы ЖЭҚ орналасуының басқа сұлбасы ұсынылады. Электр энергиясын беру шығындарын азайту үшін жел паркінің (ЖП)

құрамында таңдалған ЖЭҚ мөлшерін алдымен бөлек біріктіру ұсынылады. Содан кейін электр энергиясын өндіруге шығындарды азайту үшін таңдалған ЖЭҚ мөлшерімен бірнеше ЖП-ын ЖЭС құрамына біріктіру керек.

Жел паркінен электр энергиясын берудің минималды құны бір жел қондырғысының саны мен қуатына, электр желісінің кернеуіне байланысты екендігін көрсетті. 1- кестеде Челябині облысының жағдайындағы ЖП параметрлерін зерттеу нәтижелері көрсетілген.

1 кесте - Челябині облысы жағдайындағы ЖП негізгі көрсеткіштері

Жел энергетикалық аймақ	I	II	III
Жұмыстық жылдамдық, м/с	12	8,5	7
Жел турбинасының диаметрі, м	13	18	18
Генератордың қуаты, кВт	50	30	20
0,4 кВ кернеулі электр энергиясын беру кезінде бір ЖП құрамындағы ЖЭҚ-ның оңтайлы саны	4	5	6
6-10 кВ кернеулі электр энергиясын беру кезінде бір ЖП құрамындағы ЖЭҚ-ның оңтайлы саны	8	10	12

Талқылау.

Деректерді талдау көрсеткендей, экономикалық тұрғыдан бірінші энергетикалық аймақта қуаты 50 кВт болатын ЖЭҚ, ал екіншісінде – 30 кВт болатын ЖЭҚ, үшіншісінде 20 кВт болатын ЖЭҚ мақсатты болып табылады. Тұтынылатын қуаты 5 кВт кезінде қуаты 3 кВт болатын екі ЖЭҚ қолдану қуаты 5 кВт ЖЭҚ-ға қарағанда экономикалық жағынан тиімді.

Қорытынды.

Электр желісінің кернеуіне байланысты ЖП құрамындағы ЖЭҚ саны және ЖП-ның белгіленген қуаты тиісінше бір-бірінен өзгеше болады. Бұл ретте тораптың кернеуі 0,4 кВ қарағанда 10 кВт кезінде ЖП орнатылған қуаты мен ЖЭҚ ның саны екі есе көп болуға рұқсат етіледі. Осылайша, ауылдық тұтынушылар басым болған екінші аймақта тораптың кернеуі 10 кВ болған кезде ЖП-ның орнатылған қуаты 300 кВт құрайтын болады, ал 0,4 кВ кезінде 150 кВт құрайтын болады.

Осылайша, АШТ тиімді электрмен жабдықтау үшін таратылған генерация жүйесінде қуаты аз жел энергетикалық қондырғылар пайдаланылуы мүмкін. Бұл жағдайда электр жүктемесінің берілген мөлшеріне және бірқатар жергілікті жағдайларға байланысты бірнеше ЖЭҚ таңдалуы мүмкін. Содан кейін электр энергиясын беру шығындарын азайту үшін жел паркі құрамында ең алдымен жел паркі біріктірілуі мүмкін, ал өндіріс шығындарын азайту үшін жел электр станциясының құрамында бірнеше жел паркі біріктірілуі мүмкін.

ЖЭС құрамындағы ұсынылатын жел парктері оларды салу үшін аумақтың болуына байланысты бір аумақта, бір-біріне жақын немесе белгілі бір қашықтықта орналасуы мүмкін. Бұл ретте әрбір ЖП электр энергиясын тұтынушыға немесе электр желісінің магистральдық теліміне дербес беруге мүмкіндігі бар.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Семькин В. А., Сафронов В.В. Материально-техническая база российского сельского хозяйства: современные тенденции воспроизводства и использования // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. Т. 6, № 6. С. 3-7.

[2] Черкасова Н.И. Анализ состояния сельских электрических сетей 10 кВ в свете мониторинга отказов // Ползуновский вестник. 2012. №4. С.49-54.

[3] Моисеев Л.Л., Сливной В.Н. Распределенная генерация энергии – фактор повышения энергетической безопасности региона // Ползуновский вестник. 2004. №1. С.226-229.

[4] Развитие технологий ветроэнергетики в мире. Информационная справка. Октябрь 2013 [Электронный ресурс] // Аналитический центр при правительстве РФ: сайт. <http://ac.gov.ru/publications> (дата обращения: 16.06.2014).

[5] Шерьязов С.К., Шелубаев М.В. Техничко-экономические показатели ветропарка в условиях Челябинской области / Материалы ЛП международной научно-технической конференции ЧГАА. Ч. III. Челябинск: ЧГАА, 2014. С. 331-337.

[6] Шерьязов С.К., Шелубаев М.В., Клементьев Н.А. Особенности работы ветроэнергетической установки ВВС-3 по результатам экспериментальных исследований. // Материалы XLIX международной научно-технической конференции ЧГАА. Челябинск: ЧГАА, 2010. Часть 2. С.363–367.

[8] Шерьязов С.К. Возобновляемые источники в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей: монография. Челябинск: ЧГАУ, 2008. 300 с.

[9] Шерьязов С.К., Шелубаев М.В. Разработка метода определения параметров ветропарка // Вестник КрасГАУ. Красноярск, 2014. Вып. 10. С. 182-187

[10] Sheryazov, S.K.. Methodology of Renewable Sources Efficient Use. / S.K. Sheryazov // In the Proceedings of the VI international research and practice conference "European Science and Technology", Germany. – Munchen, 2013. - pp: 343-347.

[11] Шерьязов С.К. Особенности использования возобновляемой энергии в сельском хозяйстве / С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гирина // Вестник ЧГАА. – 2013. – Вып. 66. – С. 95-101

[12] Велькин В.И. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах./В.И. Велькин- Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 226 с.

[13] Max Plank Institut fyr chemische Energiekonversion und Agentur Zukunft, 2014: Das EEG – einsamer Rekord [Электронный ресурс]: [Сайт]. URL: <http://www.solarify.eu/2014/03/15/017-das-eeg-einsamer-rekord> (дата обращения: 16.11.2016).

[14] Kuznetsov D., Mennen H. Analyse der Schlüsselfaktoren zur Entwicklung erneuerbarer Energien in Deutschland. Agro-Industrial Complex of Russia. Volume 23. № 2. Chelyabinsk, South-Ural State Agrarian University, 2016. pp. 342-348.

Gaukhar Jakanova, doctoral student, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, ashimova.gaukhat@mail.ru

Kazhybek Tergemes, candidate of technical sciences, professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, tergemes@mail.ru

Saken Sheryazov, doctor of technical sciences, professor, South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia, sakenu@yandex.ru

Rasim Nigmatullin, candidate of technical sciences, associate professor, Non-profit JSC " Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, rasimnigmatullin@mail.ru

WIND POWER PLANT IN THE RURAL POWER SUPPLY SYSTEM

Abstract. For the power supply of agricultural consumers, it is proposed to choose a wind power station consisting of low-power wind power plants. To minimize the cost of electricity supply, an objective function is proposed that allows choosing the optimal number of wind power plants with a given diameter of the wind wheel. At the same time, it is possible to combine wind power plants first as part of a wind farm to reduce the cost of electricity transmission, and wind farms as part of a wind farm to reduce the cost of generating electricity.

Keywords. Distributed generation, renewable energy sources, wind power plant, wind farm, wind power station.

Джаканова Гаухар, докторант, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева», Алматы, Казахстан, ashimova.gaukhat@mail.ru

Тергемес Қажыбек к.т.н., профессор, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева», Алматы, Казахстан, tergemes@mail.ru

Шерьязов Сакен, д.т.н., профессор, Южно-Уральский государственный аграрный университет, Челябинск, Россия, sakenu@yandex.ru

Нигматуллин Расим, к.т.н., доцент, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева», Алматы, Казахстан, rasimnigmatullin@mail.ru

ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ В СИСТЕМЕ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. Для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей предлагается выбрать ветроэлектрическую станцию, состоящую из ветроэнергетических установок малой мощности. Для минимизации затрат на электроснабжение предложена целевая функция, позволяющая выбрать оптимальное количество ветроэнергетических установок с заданным диаметром ветроколеса. При этом возможно объединение ветроэнергетических установок сначала в составе ветропарка для снижения затрат на передачу электроэнергии, а ветропарков в составе ветроэлектрической станции для снижения затрат на выработку электрической энергии.

Ключевые слова. Распределенная генерация, возобновляемые источники энергии, ветроэнергетическая установка, ветропарк, ветроэлектрическая станция.
