

И.М. Дюсебаев¹, Е.С. Аскаров¹, Е.А. Ефременков²

¹Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

²Томск Ұлттық зерттеу политехникалық университетінің, Томск, Ресей

E-mail: nomad.i.m.13@mail.ru

АГРОӨНЕРКӘСІПТІК КЕШЕНДЕГІ РОТОРЫНЫҢ ҚУАТЫ АЗ АЙНАЛУ ОСІ ВЕРТИКАЛЬ ЖЕЛЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ СЫЗБАСЫН ЗЕРТТЕУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ МЕН ТАЛДАУЫ

Андатпа. Мақалада роторының қуаты аз айналу осі вертикаль желэнергетикалық қондырғыларды агроөнеркәсіптік кешенде пайдалану перспективалары қарастырылған. Зерттеу негізіне вертикаль-осьті жел қондырғыларын пайдалану теориясы алынған, агроөнеркәсіптік кешенде еңбек өнімділігін жоғарылатуға әсерін бағалау жүргізілген. Дамудың сандық және сапалық көрсеткіштерін бағалау әдістері мен жүйелері қолданылған.

Түйінді сөздер. Жел энергиясы, электронды желэнергетикалық блогы, жел жылдамдығы, тиімді бірінші ретгі басқару әдісі, жел қондырғылары.

Кіріспе.

Жұмыс ауыл шаруашылығы тұтынушыларын энергиямен және электр көзімен сенімді және үнемді жабдықтауды жобалаудың әдістемелік негіздерін жасауға, ауыл шаруашылығы өндірісі мен халқы үшін жаңа жел энергетикалық қондырғыларын әзірлеуге арналған. Ежелгі уақыттан адамзат дән үгіту, суды айдау және басқа да күш жұмсауды талап ететін жұмыстар үшін энергияны пайдаланған. Заманауи сатыда жел энергетикасының міндеті қашықтықтағы тұтынушыларды энергиямен қамтамасыз ету болып табылады. Территориясында табиғи ресурстар, инфрақұрылым мен өндірісті дамыту мүмкіндігі бар Қазақстанның көптеген аймақтарында жекеленген ауыл шаруашылығы тұтынушыларын энергиямен қамтамасыз ету сұрағы өзекті. Электрлендіру мәселесін шешу үшін баламалы тәсілдерді іздеу өзектілігін жергілікті жерлердің бедерінің күрделі жағдайында электр беру желілерін салу үшін ақталмайтын көп қаржы жұмсау қажеттілігімен дәлелденеді.

Материалдар мен тәсілдер.

Осы зерттеудің әдістемелік негізі ретінде агроөнеркәсіптік кешендегі вертикаль жел қондырғылары саласындағы іргелі жұмыстар, сондай ақ зерттелінетін мәселе бойынша отандық және шет елдік алдыңғы қатарлы экономикалық журналдардағы ғылыми мақалалар алынды. Әлемдік экономикалық әдебиеттердің жетістіктерін жалпыландыратын жұмыстар кеңінен пайдаланылады.

Зерттеулер.

Жер қондырғыларының конструкцияларының өнімділігін жоғарылатуға белгілі ғалымдардың көпшілігінің зерттеулері арналған. Н.Е. Жуковский, Ю. Прандтль и А. Бетц жел қозғалтқыштарының негізгі жұмыс принциптері мен қағидаларын түсіндіретін теориялық негіздерді қалаған.

Жуковский-Бетц шегі жел энергетикалық жүйелерді әзірлеушілердің негізгі мақсаты болып табылатын жел қондырғысында жел энергиясын барынша толық пайдалану мүмкіндігін негіздейді. Осы мақсатқа қол жеткізудің әр түрлі тәсілдерін зерттеумен Н.В. Красовский, Г.Х. Сабинин, Е.М. Фатеев, В.Н. Андриянов, П.П. Безруких, В.В. Елистратов, О.С. Попель, В.М. Летчер и др. Ю.Г. Шакарян, В.З. Манусов, С.Н. Удалова айналысқан, шет елдік ғалымдардың арасынан әр түрлі басқару әдістерін зерттеген Х. Бинднер, А. Ребсдорф, В. Биберг, Р. Гофман, О. Карлсон, Дж. Хиландер атты ғалымдардың жұмыстарын айта кету керек. Осылайша, шешімі ғылыми және тәжірибелік маңызға ие болатын жел қондырғыларының қуатын басқару алгоритмін зерттеу және талдау қондырғылардың өнімділігін жоғарылату мен энергия өндірудің бағасын төмендету мәселелері ғылыми мәселенің өзекті бағыты болып саналады.

Қуаты төмен жел қондырғыларының арзандығына нарықтың талабын ескере отырып, қуатты басқару жүйесі әдетте барынша қарапайым болады. Ол үшін жел қондырғысын әдетте желдің берілген жылдамдығына қарай есептейді, бұл кезде генератордың айналу жиілігі тұрақты болып таңдалынады. Бұл электр желісіне қосылатын қарапайым асинхронды генераторды немесе автономды жел қондырғыларында аккумуляторды зарядтау үшін тұрақты магниттерден қозатын синхронды генераторды пайдалануға мүмкіндік береді. Еспе винттің қалақтары әдетте қозғалмайды, ол орнату бұрышын реттеуге және айналу жиілігін жел жылдамдығына келтіруге кедергі келдіреді. Есептік мәннен ерекшеленетін жел жағдайында қуатты шектеу желден жел дөңгелегін алып тастаумен жүргізіледі. Бұл жел жылдамдығының барлық диапазонын толық пайдаланбауға алып келеді және кез келген ауа райы кезінде жел қондырғысының жұмысы қамтамасыз етілмейді.

Нәтижелер.

Жел энергетикалық қондырғыларының дамуымен және олардың қуатының артуымен олардың конструкциясы да жетілдіріледі. Жел турбинасының конструкциясының механикалық бөліктері жетілдіріліп жатқанда, сонымен бірге электрлік басқару және бақылау жүйелері де жетілдіріліп, күрделенеді. Қалақтарды орнату бұрыштарын бақылау пайда болады, ол ротордың айналу жылдамдығын шектеу есебінен дауыл жағдайында жел қозғалтқышының жұмысын қауіпсіздендіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар ол әлсіз жел кезінде электр энергиясын өндіруді біршама жоғарылатады.

Жел энергетикалық қондырғылардың тұтынушылық қасиеттерін жасқартудың тағы бір тәсілі желдің әр түрлі жылдамдығында әр түрлі редукторлардың көмегімен турбиналардың жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз ету. Жел электр станцияларында өндірілетін энергияның талап етілетін сапасы электрлік түрлендіргіштердің көмегімен алынатын генераторлардың әр түрлі типтері пайдаланылады.

Талқылау.

Ғылым мен техниканың заманауи сатысында жаңартылатын энергия көздерінің негізіндегі электрлік жүйелер бір бірімен өзара байланысқан көптеген элементтер мен жүйелерден тұрады. Осындай жүйелерді зерттеу әдетте электронды есептегіш машиналардың есептеу ресурстарын және оны сәйкес бағдарламалық қамтамасыз етумен жүзеге асыруға негізделген қуатты математикалық аппаратты қолдануды талап етеді.

Ғылыми есептеулер үшін бағдарламалық қамтамасыз етудің артуымен және ғылыми зерттеулер үшін есептеу техникасының қуатының артуымен ЭЕМ математикалық есептеулер үшін арналған апнайы бағдарламалар жиі пайдаланылады,

мысалы Mathcad. Осындай бағдарламалар модельдер негізінде бағдарламалау әдістерін пайдаланып математикалық модельдерді жылдам жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Жанартылатын энергия көздерінің негізінде электрмен жабдықтау жүйелерін зерттеуге келе отырып, осындай жүйелердің жұмыс істеуінің кейбір ерекшеліктерін айта кету керек. Жанартылатын энергетикада энергия көздері өндірілетін қуаттың тұрақтылығын қамтамасыз ете алмайды, сондықтан мұндай жүйелер қажет болған жағдайда тұтынушыға өндірілетін энергияны беру үшін оны жинақтауды талап етеді.

Жел қондырғыларында қуатты реттеу қажеттілігі жел қондырғысының аэродинамикалық сипаттамаларының ерекшеліктерімен түсіндіріледі.

Тұрақты жылдамдықтағы қуатты реттеу тәсілдерін жүзеге асыру оңай болады. Осы әдісті пайдалану мысалы ретінде жел дөңгелегінің роторы тұрақты магниттерден қоздырылатын синхронды генератор роторымен тікелей немесе үдеткіш арқылы жалғанған жел энергетикалық қондырғының конструкциясын келтіруге болады. Генератор орамдары шығысы аккумулятор батареикасына жалғанған диодты түзеткіш көпірдің кірісіне қосылған [1].

Жел жылдамдығы өзгергенде осындай жел қозғалтқышының жұмысында сәйкесінше генератор шығысы мен түзеткіштегі кернеу өзгереді.

Осылайша, әлсіз жел кезінде айналу жылдамдығы мен шығыс кернеуі аккумулятордағы кернеуден төмендейді, аккумуляторда ток жүрмейді, бұл жел дөңгелегі білігіндегі генератордың электрмагниттік моментінің төмендеуіне алып келеді. Жел жылдамдығы артқанда генератор жылдамдығы ұлғаяды, бұл генератордың шығыс кернеуінің артуына және батареикадағы токтың артуына алып келеді. Токтың артуынан жел дөңгелегінің білігіндегі генератордың электрмагниттік моменті артады, осыдан стабилизациядағы жылдамдықтан жоғары жылдамдыққа жете алмайды.

Тұрақты жылдамдықты қуатты реттеу әдісінің артықшылықтары:

- бұл тәсіл редуктор немесе қалақтарды орналастыру бұрышын өзгерту механизмі сияқты түйіндерді талап етпейді, сондықтан жел өңгелегінің конструкциясы қарапайымданады, сондай ақ оның сенімділігі артады [2];

- тәсіл тұрақты магниттерден қозатын генераторларды пайдалануға мүмкіндік береді, осыдан генератор мен жалпы жел энергетикалық қондырғының ПӘК жоғарылайды, себебі мұндай генераторға магниттік өрісті қоздыру үшін электрлік энергия талап етілмейді;

- генератордың айналымы электр тогын диодты түзету көпірінің көмегімен аккумулятор батареикасының зарядының тұрақты тогына түрлендірудің қарапайым сызбасын пайдалану мүмкіндігінен жел электр станциясының электрлік жабдығы қарапайым түрге келтіріледі және соңғы өнім бағасы арзандайды.

Бұл әдістің кемшіліктері:

- ЖЭҚ тиімді жұмысы жел жылдамдығының белгілі бір кішкентай аралығында ғана қамтамасыз етіледі;

- жел жылдамдығы номиналды жылдамдықтан асып кеткенде қуаттың артуынан арнайы қорғаныс шараларын қолдану қажет болады.

Заманауи әлемде цифрлы басқару жүйелері кең қолданысқа ие болуда [3]. Сондай ақ математикалық модельдеу және сандық талдау үшін бағдарламалық қамтамасыз ету, бағдарламалық қамтамасыз етудің жоғарғы деңгейдегі тілдері және құралдары сияқты жобалау және талдау құралдары, сондай ақ есептеу техникасының аппараттық мүмкіндіктері пайдаланылады.

Күрделі басқару жүйелерін жобалау сатысында модельдеуді имитациялау әдістерін пайдалану зерттеу, әзірлеу және сынау бағасын әлдеқайда төмендетеді, сонымен қатар бұйымдарды әзірлеу мерзімін айтарлықтай төмендетеді.

Күрделі объектілерді басқару жүйесін әзірлеу және жобалау тиімділігін жоғарылатуға имитациялық модельдеуді пайдалану есебінен қол жеткізуге болады [4], ол әмбебап контроллерді әзірлеу мысалында көрсетіледі. Бұл жағдайда жүйені басқару моделі басқарушы бағдарламаның әмбебаптылығын қамтамасыз ету үшін жоғарғы деңгейдегі бағдарламалау тілінде жұмыс істей алуы керек. Әзірлеу және зерттеу ортасы ретінде ғылыми қоғамдастықта, сондай ақ әр түрлі жобалық ұйымдарда кеңінен таралған математикалық есептеулерге арналған Mathworks Inc MATLAB/Simulink бағдарламалар пакеті таңдалынды.

MATLAB/Simulink пакеті қабықшасымен MATLAB есептеуішінде негізделген. Бұл есептеуіш әр түрлі объектілермен күрделі математикалық есептеулерді орындауға: сандар, векторлар, матрицалар, сондай ақ әр түрлі күрделілік деңгейіндегі теңдеулер жүйесін шешуге мүмкіндік береді. Әр түрлі жүйелердің модельдеу процесін жеңілдету үшін есептеуішпен бірге Mathworks Inc компаниясымен әр түрлі құрылғылардың модельдерінің үлкен кітапханасынан тұратын Simulink баптамасы әзірленген. Сондай ақ ұсынылатын модельдерде кітапханаға құжаттамада келтірілген математикалық сипаттамасы бар. Алайда басқару жүйелерін әзірлеу кезінде басқару объектілерінің модельдерімен бірге басқару құрылғысының моделі талап етіледі, сондай ақ оның күрделілігі әдетте міндеттен міндетке қарай өзгереді, осыдан басқару құрылғысының басқару объектісінің моделін әзірлеуде әмбебап тәсілге сұраныс туындайды.

Компьютерлік модельдерде есептеу экспериментінің модельдеу мақсаты әр түрлі басқару стратегиялары мен алгоритмдерін пайдаланып жел қондырғыларының тиімділігін пайдалану.

Жел генераторы әдетте келесі құраушылардан тұрады:

Жел қозғалтқышы жел энергиясын механикалық айналу энергиясына түрлендіргіш болып табылады. Жел қозғалтқышы жел қозғалтқышының жел дөңгелегінен тұрады, ол өз кезегінде механикалық энергияны пайдалану үшін келетін ауа ағынын қабылдайтын және генератор білігіне немесе басқа құрылғыға беру үшін ағын энергиясын айналмалы қозғалысқа түрлендіретін қалақшалардан, қанаттан және басқа бөліктерден тұрады. Электрлік генератор — бұл біліктің механикалық айналу энергиясын электрлік энергияға түрлендіретін электрлік машина.

Жел электрлік станцияларының генераторлары әр түрлі типте болады, мысалы тұрақты ток генераторлары, асинхронды генераторлар, вентильді (синхронды) генераторлар және т.б. Генератор типтері жел энергетикалық қондырғының әзірлеушісімен анықталады және эксплуатация шарттарына, өндірілетін электр энергиясының қуаты мен сапасына қойылатын талапқа байланысты таңдалынады.

Аккумулятор зарядының контроллері — бұл аккумуляторды зарядтау үшін қажетті ток пен кернеуді ұстап тұру үшін арналған құрылғы. Батарея зарядының контроллері батареяның оңтайлы зарядын қамтамасыз ету үшін кіріс, шығыс ток және кернеуін реттейді.

Инвертор — бұл тұрақты кернеуді айнымалы кернеуге түрлендіретін құрылғы. Аккумулятор батареялары тұрақты кернеу көзі болып табылады, ал электр энергиясының көптеген тұтынушылары жиілігі 50Гц болатын 220 немесе 380В айнымалы кернеуге есептелген. Инверторлар көбінесе бірнеше функцияны атқарады: олар тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіреді; олар заряд контроллерлері болады; аккумулятор батареясын артық зарядталудан және зарядының бітіуінен қорғауды қамтамасыз ету; генератор үшін балластты жүктеме қызметін атқарады.

Айнымалы ток сапасымен ерекшеленетін инвертор типтері болады: синусоидалды шығыс кернеулі және «модификацияланған синусоидалды» деп аталатын. Біріншілері жоғары бағасымен ерекшеленеді, бірақ кез келген жүктемені қоректендіре

алады, электр энергиясының сапасына сезімтал болып келеді. Соңғылары арзанырақ, бірақ индуктивті жүктемелерді қоректендіру үшін арналмаған: электрқозғалтқыштармен және трансформаторлармен құрылғылар.

Аккумуляторлы батареялар — бұл электр энергиясын сақтауға арналған құрылғылар. Жаңартылатын энергияларға негізделген жүйелерде негізінен абсорбталған электролитті AGM типті қызмет көрсетілмейтін қорғасын қышқылды аккумулятор батареялар пайдаланылады. Мұндай аккумуляторлар сапасын жоғалтпай терең разрядқа қабілетті және заряд/разряд көптеген айналымына есептелген.

Жел энергетикалық қондырғының әмбебап компьютерлік моделіне талапты тұжырымдау үшін модельдердің қолданылуының шекаралық шарттарын анықтау қажет.

Жел энергетикалық қондырғының ПЭК әсер ететін негізгі сипаттама жел энергиясын пайдалану коэффициенті (ЖЭПК, ары қарай формулалар мен суреттерде *CP* белгіленеді) – жел қондырғысы қуатының ЖЭҚ жел өтетін ауданы арқылы өтетін жел энергиясының толық қуатына қатынасы [5].

Басқару алгоритмін өзгерту мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін жел қондырғысының ЖЭПК және әмбебап контроллері берілген жел энергетикалық қондырғысының компьютерлік моделі әзірленген.

Ұсынылатын модельдің ерекшелігі пайдаланушымен берілген алгоритм бойынша жұмыс істейтін жел электр станциясының контроллерінің модулі болып табылады. Бұл кезде компьютерлік модельмен қолданылатын ЖЭҚ әр түрлі типтерінде пайдаланылатын келесі басқару әдістерін атап өтуге болады:

- жел дөңгелегінің тұрақты жылдамдығында жұмыс істейтін жел қозғалтқышы;
- генератор орамдарын ауыстыру есебінен жел дөңгелегінің бекітілген бірнеше айналу жылдамдықтарында жұмыс істейтін жел қозғалтқышы;
- мультипликатордың беріліс санының ауысу есебінен жел дөңгелегінің бекітілген бірнеше айналу жылдамдықтарында жұмыс істейтін жел қозғалтқышы;
- айнымалы жылдамдықпен жұмыс істейтін және қуат реттегішімен электрлік түрлендіргішті пайдаланатын жел қозғалтқышы.

Желдің өзгеретін жағдайында генератордың талап етілетін сипаттамаларын айналу жылдамдығының кең диапазонында қамтамасыз ету керек, бұл орныққан жұмыс режиміне есептелген генераторлармен салыстырғанда электрлік машинаның габариті мен массасының артуына алып келеді. Генератор жүктемесі де жұмыс уақытында өзгереді.

Ол қосылған тұтынушылардың қуаты мен санына тәуелді болады.

Генератор роторының айналу жиілігі өзгергенде және айнымалы жүктеме кезінде генератор шығысындағы кернеуді тұрақтандыру керек [6], бұл кернеуді реттеу құрылғысын пайдалану қажеттілігін тудырады. Осындай реттеу әдетте кернеу реттегішімен берілетін арнайы қозу орамасында токты өзгерту арқылы жүзеге асырылады. Қозу орамасын қолдану габариттік өлшемдердің артуына алып келеді, себебі генератор конструкциясында орамаларды орналастыру үшін қосымша орын талап етіледі.

Сонымен қатар, қозу орамасындағы ток кейде пайдалы қуаттың 10-20% жететін генератордағы электрлік қосымша жоғалуға алып келеді.

Жел энергетикалық қондырғыларда қолдануға жарамды электрлік машиналардың әр түрлі типтеріне талдау жүргізу генератор типі мен конструкциясын таңдау сұрағы бір мәнді емес екендігін көрсетеді. Мысалы, қоздырылатын синхронды электрлік машиналарды пайдаланғанда қозу орамасына қоректендіруді беру қажеттілігінің болмауы және соның салдары ретінде қозу орамасында электрлік жоғалулардың болмауы артықшылығы болып есептеледі [8]. Электрмагниттік қозуды пайдаланғанда

қозу тізбегі бойынша шығыс кернеуді реттеу мүмкіндігі пайда болады, бірақ сонымен бірге қозуға электрлік жоғалулар да туындайды. Бұл төмен айналу жылдамдығы кезінде қозу тогының айналу жылдамдығының төмендеуін теңгеру үшін магниттік ағынды арттыруы керектігімен байланысты, сондай ақ бұл кезде генерацияланатын қуаттың үлкен бөлігі жүктемеге емес қозуға жұмсалады. Бұл конструкцияның қосымша кемшілігі айналмалы қозу орамасына электр энергиясын беру қажеттілігі, бұл конструкцияны күрделендіреді және оның сенімділігін төмендетеді.

Электрмагниттік қозатын электрлік машина конструкциясының тағы бір кемшілігі орама бойынша өтетін токпен бөлінетін жылу есебінен қозу орамасына жылуудың сапалы берілін қамтамасыз етілуінің қажеттілігі.

Осылайша, қуаты төмен жел энергетикалық қондырғыларда тұрақты магниттерден қозатын синхронды электрлік машиналарды, басқаша айтқанда «вентильді электр машиналарын» пайдаланған дұрыс. Радиалды және осьтік магниттік ағынды машиналар да бар [9], сондай ақ зәкір өзегінде жұмсақ магнитті материалдарды қолданбайтын конструкциялар да мүмкін, олар жоғалуды тағы да көбірек төмендетуге мүмкіндік береді. Қосымша артықшылығы ретінде генератордың реактивті моментінің төмендеуін айтуға болады, ол жел энергетикалық қондырғылардың осындай электрлік машиналарында пайдаланғанда маңызды, себебі реактивті моменттің пульстенуі әдетте ЖЭҚ конструкциясының жағымсыз дірілдеуіне және шудың туандауына алып келеді.

Жел қондырғысының реттеу жүйесімін бірге жұмыс істейтін генераторды әзірлеу өзінің артықшылықтарына ие.

Заманауи компьютерлік технологиялар мен сәйкес бағдарламалық қамтамасыз ету жел электр станциялары үшін электр машинасын әзірлеу процесін айтарлықтай жылдамдатуға көмектеседі. Электрмагниттік параметрлерді есептеу және жылулық есептеу сатысында инженерлік үдетілген есептеу әдістемелерін, сонымен бірге Ansys EMAG немесе Maxwell соңғы элементтер әдісінің негізінде бағдарламалық кешендерді пайдалануға болады.

Конструкцияларды жобалау сатысында қатты денелі модельдеу автоматтандырылған жобалау жүйелерінде әзірлеушінің жұмысын жеңілдетеді.

Жел генераторын модельдеу электр машинасының бірқатар ерекшеліктерін зерттеу негізінде жүргізіледі. Қолданылатын генератор тұрақты магниттерден қозатын және магнитті ағыны авсиальді бағытты, темірсіз зәкірлі, статор орамалары бар синхронды электрлік машина болып табылады. Осьті саңылауы бар генератор конструкциясының ерекшелігі болат магнит сымының болмауынан және жел қондырғыларын модельдеу кезінде әсерін ескермеуге болатын орамалардың төмен индуктивтілігінің болмауы есебінен артық магниттелуге жоғалудың болмауы [9].

Қойылған міндет аясында есептеу ресурстарына талаптарды оңтайландыру мақсатында жел қондырғыларының қуатын басқару алгоритмдерін имитациялық модельдеу үшін электргенераторының келесі моделі ұсынылады.

Жел қондырғысының құрамындағы аккумулятордың сапалы зарядын және жел қондырғысының жұмысын берілген алгоритмдерге сәйкес қамтамасыз ету үшін жел қондырғысының контроллері қажет [10]. Контроллерге арттырылатын негізгі функциялар:

- теңдікпен анықталатын талап етілетін жылдамдықты қамтамасыз ету үшін желдің тұрақты өзгеретін жылдамдығы жағдайында генератор тогын реттеу.

Қазіргі уақытта аккумуляторды зарядтаудың бірнеше тәсілдері мен режимдері бар.

Барлық зарядтық құрылғылар (зарядтық құрылғылар) зарядтау процесінің басынан аяғына дейін зарядтаудың оңтайлы режимін қамтамасыз етуі керек. Осылайша,

зарядтық құрылғылар зарядтау процесінің сатысына байланысты кернеу мен ток мәнін қамтамасыз етеді және автоматты түрде өзгертеді. Сіз зарядтау кезінде аккумуляторды тұрақты токпен зарядтағанда зарядтау тогының шамасы тұрақты болып қалады. Зарядтаудың осындай тәсілінің артықшылығы салыстырмалы түрде жылдам зарядтау уақыты болады, алайда бұл жағдайда зарядтаудың аяқтаушы сатысында үлкен ток жүктемелерінен аккумулятордың «тозуы» жылдамдайды және соның салдары ретінде аккумулятордың жарамдылық мерзімі қысқарады. Егер зарядтау процесін тұрақты кернеу кезінде жүргізсе, онда соңғы саты баяулайды және аккумулятордың зарядтау уақыты артады. Үшінші әдіс — бұл жоғарыда сипатталған екі әдісті біріктіретін құрамдастырылған немесе аралас режим. Процестің бастапқы сатысында тұрақты токпен зарядтау жүреді, ал соңғы сатыда кернеу тұрақтандырылады.

Заманауи зарядтаушы құрылғылардың көпшілігі құрамдастырылған тәсілмен жұмыс істейді деуге болады, ол процесс ұзақтығы және аккумулятор температурасы сияқты аккумуляторды зарядтау параметрлерін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Осындай әдістің қосымша артықшылығы батареяның жарамдылық мерзімін ұзарту үшін зарядтау параметрлерін оңтайландыру мүмкіндігі болып табылады. Аккумулятор заряды параметрлерінің оның қорына әсері оны қыздыратын аккумулятордың зарядтық тогына негізделген, ал электролит температурасы аккумулятордағы химиялық реакциялардың жылдамдығына әсер етеді. Бұл бір жағынан электр энергиясының жинақталу және разрядталу процестерін жылдамдатады, бұл разряд/заряд тогын арттыруға және аккумуляторды зарядтау уақытын қысқартуға мүмкіндік береді, бірақ басқа жағынан тозу процесінің жылдамдауына алып келеді.

Тәжірибелік жұмыстың айқын күрделілігімен байланысты жылдамдығы айнымалы жел дөңгелегінің қалақтарын орнату бұрышы өзгертін немесе жел дөңгелегінің геометриялық өлшемдері өзгертін ЖЭҚ басқару тәсілін болдырмау шешімі қабылданған [11]. Төрт түрлі жел қондырғысын қосқанда әр түрлі жел қондырғыларын талдау үшін арналған әмбебап модельдің блок-сызбасы.

Модельдеу барысында жел турбинасының әр моделі жел жылдамдығының келесі әсеріне ұшырады:

- 1) Жел жылдамдығының жоғарылауы.
- 2) Жел жылдамдығының үйлесімді өзгеруі.

3) Бақылау кезінде анеометрмен алынған жел жылдамдығының үлгілері бар деректер файлы пайдаланып желдің нақты жылдамдығы.

Берілген жағдайларда жел қондырғыларының тиімділігін өлшеу үшін тіркегіш негізінде өлшеу блогы әзірленген. Модуль жел электр станцияларының сипаттамаларын өлшеу үшін бес бірдей модульдерден тұрады. Сондай ақ зерттелінетін модельдердегі сияқты жел дөңгелегінің аэродинамикалық параметрлеріне ие идеал жел қозғалтқышының шығыс қуатын есептеуге арналған модуль бар.

Қорытынды.

Зерттеулер желдің тұрақты жылдамдығын ұстаудың ең жақсы тәсілі шешімнің қарапайымдылығы мен арзандығына байланысты вертикаль ості жел турбинасының айналу жылдамдығын ұстау екендігін көрсетті. Алайда егер желдің әр түрлі жылдамдығында ЖЭҚ тиімді жұмысын қамтамасыз ету қажет болса, оңтайлы шешім ротор айналу жылдамдығы айнымалы болатын ЖЭҚ жұмысы таңдалынады. Жел дөңгелегінің аэродинамикалық қуатының жел жылдамдығына тәуелділігін тұжырым жасалынады, оған сәйкес желдің кез келген берілген жылдамдығында жел бағының қуаты барынша жоғары болатын ротордың айналу жылдамдығы болады. желдің айнымалы жылдамдығында максималды ПӘК нүктесінде жел қозғалтқышының

жылдамдығын ұстау жел қозғалтқышының қуатын реттеуші ретінде ұсынылған адаптивтік басқару алгоритмі бойынша жұмыс істейтін электр түрлендіргішті пайдаланып қол жеткізіледі.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Yanson, R.A. *Vetroustanovki: uchebnoe posobie* / R.A. Yanson. — M.: Izd-vo MGTU imeni N.E.Baumana, 2007. — 36 s.
- [2] Adrianov V. N., Bystrickij D. N., Vashkevich K. P., Sektorov V. R. *Vetroelektricheskie stancii.* — M-L.: Gosenergoizdat, 1960. — 320 s.
- [3] Obuhov S.G. *Modelirovanie prodol'noj sostavlyayushchej skorosti vetra*/ S.G.Obuhov, E.ZH. Sarkiseev // *Elektroenergiya: ot polucheniya i raspredeleniya do effektivnogo ispol'zovaniya: Materialy V Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii.* — Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2012. — s. 74–75.
- [4] Nikolaev, V.G., *Sovremennoe sostoyanie i tendencii razvitiya mirovoj vetroenergetiki* / V.G. Nikolaev, S.V. Ganaga // *Malaya energetika.* 2006. -№1-2.
- [5] Maksimovic D., Stankovi'c A., Thottuvelil V., "Modeling and simulation of power electronic converters," *Proc. IEEE*, vol. 89, pp. 898-912, 2001.
- [6] Martyanov A. S., Sirotkin E. A., Solomin E. V. *Adaptive control over the permanent characteristics of a wind turbine* // *Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2015).* — 2015. — S. 640—646.
- [7] Martyanov A. S., Solomin E. V. *Issues of windmill efficiency measurement in the field* // *Voprosy transformacii obrazovaniya.* — 2015. — S. 17—23.
- [8] Martyanov A., Solomin E. *Modelling of Wind Turbine Performance Measurement* // *Journal of Computational and Engineering Mathematics.* — 2014. — № 2. — S. 18—25.
- [9] Novak P. *Modelling, identification and control of a variable speed HAWT*/ P. Novak, T. Ekelund // *In Proceedings of the European Wind Energy Conference – EWEC '94.* — 1994. — p. 441–446.
- [10] Scott J. *Johnson Active Load Control Techniques for Wind Turbines*/ Scott J. Johnson, C.P. Case van Dam, Dale E. Berg // *Sandia report, Sandia National Laboratories, Sandia Contract No. 360473, August 2008.* — p. 1 – 124.
- [11] Torres E. *Experimental results of the variable speed, direct drive multipole synchronous wind turbine*/ E.Torres, M.Garcia-Sanz // *TWT1650, Wind Energy* 7. — 2004. — p.109–118.

Пьяс Дыусебаев, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, nomad.i.m.13@mail.ru

Yerlan Askarov, candidate of technical sciences, professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, erlan57@mail.ru

Egor Efremenko, candidate of technical sciences, professor, National Research Polytechnic University, Tomsk, Russia, ephrea@mail.ru

PERSPECTIVES OF RESEARCH AND ANALYSIS OF SCHEMES OF STRUCTURES OF WIND POWER PLANTS WITH A VERTICAL AXIS OF ROTATION OF A ROTOR OF LOW POWER IN AGROINDUSTRIAL COMPLEX

Annotation. The article discusses the prospects for the use of wind turbines with a vertical axis of rotation of the rotor of low power in the agro-industrial complex.

The study is based on the theory of the use of vertical-axis wind turbines, an assessment of the impact on increasing productivity in the agro-industrial complex is carried out. Includes a system, methods for assessing quantitative and qualitative indicators of development.

Keywords. Wind energy, electronic wind energy unit, wind speed, effective primary control method, wind turbines.

Ильяс Дюсебаев, докторант, Satbayev University, Алматы, Казахстан, nomad.i.m.13@mail.ru

Ерлан Аскаров, к.т.н., профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, erlan57@mail.ru

Егор Ефременко, к.т.н., профессор, Национальный исследовательский политехнический университет, Томск, Россия, ephrea@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗА СХЕМ КОНСТРУКЦИЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА МАЛОЙ МОЩНОСТИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы использования ветроустановок с вертикальной осью вращения ротора малой мощности в агропромышленном комплексе.

В основу исследования положена теория использования вертикально-осевых ветроустановок, проведена оценка влияния на повышение производительности труда в агропромышленном комплексе. Включает систему, методы оценки количественных и качественных показателей развития.

Ключевые слова. Энергия ветра, электронный ветроэнергетический блок, скорость ветра, эффективный первичный метод управления, ветроустановки.
