

АНДАТПА

8D07101 – Электр энергетикасы (6D071800 – Электр энергетикасы) білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған диссертация

АҒЫМОВ ТАЛҒАТ НҰРЛАНҰЛЫ

Кіші жел электр станцияларына арналған кең ауқымды айналу жиілігі бар және кернеуі тұрақты вентилді генераторды жасау және зерттеу» тақырыбында

Диссертациялық зерттеу тақырыбының өзектілігі.

Қазақстанда желдің орташа жылдық жылдамдығы 8-10 м/с болатын көптеген аймақтар бар, бұл жел энергиясының мол көздерін қамтамасыз етеді. Жел режимі желдің бағыты мен жылдамдығының ондаған секунд ішінде үздіксіз 2-3 м/с-тан 30-40 м/с дауыл күші бар желге дейін өзгеруімен сипатталады. Мұндай жел жағдайында тік жел турбиналары (ТЖТ) ең тиімді болып табылады. Олардың іске қосу моменті жоғары, шу деңгейі төмен және 2-3 м/с ең аз жел жылдамдығында іске қосу үшін қосымша манипуляция қажет емес .

Қазақстандық ғалымдар өздерінің әзірлемелерін, әсіресе тік бекітілген осі бар аз қуатты әзірлемелерді ұсынды. Буктуковтың қондырғылары Н.С. , А.В. Болотова, Ш.А. Ершина және басқалары кез келген жел бағытында және жылдамдығында – 3-тен 60–80 м/с-қа дейін, жылына 300–330 күн жұмыс істей алады .

ТЖТ-лардың ерекшелігі - олардың төмен жылдамдықта жұмыс істеу мүмкіндігі және пайдалану практикалық. Олардың конструкциясында механизмдер мен компоненттер аз, бұл олардың турбинасының сенімділігін арттырады.

Қазақстанда кең таралған ТЖТ айнымалы ток генераторларымен (қуаты 2-5 кВт) жабдықталған, олар кернеу мен ток жиілігінің паспорттық (зауыттық) параметрлеріне сәйкес келетіндіктен жел жылдамдығының шектеулі диапазонында (шамамен 5-12 м/с) жұмыс істейді .

Қолданыстағы жел турбиналарының түрлерін талдау кең жылдамдықты басқару диапазоны бар электр генераторын жасау арқылы мәселені шешу белгілі бір қиындықтар туғызатынын көрсетті. Индукциялық басқару диапазоны неғұрлым кең болса, электр генераторы соғұрлым үлкен, ауыр және қымбат болады, ал оның асқын жүктелу қабілеттілігі төмендейді. Сонымен қатар, оның сыртқы сипаттамалары жұмсара түседі. Бұл электр генераторының якорінің реакциясының жоғарылауына байланысты болады.

Жел жылдамдығының әртүрлі мәндерінде тік осьті жел турбинасының (ТЖТ) механикалық энергия қорын тиімді пайдалану оның орнатылған қуатты пайдалану коэффициентін (ОҚПК) арттыруға мүмкіндік береді. Бұл жел

жылдамдығы өзгерген кезде шығыс кернеуінің тұрақтылығын қамтамасыз ететін, айналу жиілігінің кең ауқымында жұмыс істейтін жаңа вентильді генераторды (КАВГ) әзірлеу арқылы жүзеге асырылады және оның негізінде олардың қуат коэффициентін арттыруға мүмкіндік береді.

Жұмыстың мақсаты - шығыс кернеуін тұрақтандыруға арналған, айналу жиілігінің кең ауқымында жұмыс істейтін вентильді генераторды әзірлеу арқылы тік осьті жел турбинасының тиімділігін арттыру.

Зерттеу міндеттері

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін мынадай зерттеу міндеттері айқындалды:

- ғылыми әдебиеттер мен патенттік ізденіс нәтижелерін талдау негізінде электр энергиясын өндіру кезінде тік осьті жел турбинасының (ТЖТ) қуатын тиімді пайдаланудың жаңа тәсілдерін анықтау;
- өндірілетін кернеуді дискретті тұрақтандыру мақсатында айналу жиілігінің кең ауқымында жұмыс істейтін вентильді генератордың (КАВГ) якорь орамасын жалғаудың жаңа сұлбаларын және оны есептеу әдістемесін әзірлеу;
- әртүрлі жұмыс режимдерін теориялық тұрғыдан зерттеу үшін MATLAB/Simulink бағдарламалық ортасында КАВГ-ның имитациялық моделін әзірлеу;
- сынақ стендін құру және әртүрлі жұмыс режимдерінде ТЖТ мен КАВГ-ның өзара үйлесімді жұмысын эксперименттік зерттеу;
- есептік және эксперименттік деректерді салыстырып, КАВГ-ны пайдалану бойынша ұсынымдар әзірлеу.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы

Жұмыстың ғылыми жаңалығы мынадай нәтижелермен сипатталады:

1. КАВГ-ны әзірлеу және қолдану негізінде электр энергиясын өндіру үшін ТЖТ механикалық қуатының резервін тиімді пайдалану тәсілі анықталды.
2. Якорь орамасының параллель тармақтары топтарын ауыстырып қосу және қоздыру тогын бірқалыпты реттеу арқылы КАВГ кернеуін сатылы-бірқалыпты тұрақтандыру тәсілі әзірленді.
3. Айналу жиілігі кең ауқымда өзгерген жағдайда ТЖТ мен КАВГ-ның үйлесімді жұмысын теориялық және эксперименттік зерттеудің жаңа нәтижелері алынды. Бұл нәтижелер КАВГ конструкциясының жетілдірілгендігін және оның жұмыс тиімділігін айқындайды.

Орындалған жұмыстар мен жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша қорғауға мынадай негізгі ғылыми қағидалар мен нәтижелер ұсынылады:

1. КАВГ-ны қолдану негізінде электр энергиясын өндіру үшін ТЖТ-ның механикалық қуатын тиімді пайдалану тұжырымдамасы.
2. КАВГ якорь орамасының параллель тармақтарының жаңа топтарын қалыптастыру сұлбалары және олардың техникалық параметрлерін есептеу әдістемесі.

3. Якорь орамасының параллель тармақтары топтарын сатылы ауыстырып қосу және қоздыру тогын бірқалыпты реттеу арқылы КАВГ кернеуін тұрақтандыру тәсілі.

4. ТЖТ-ның айналу жиілігі әртүрлі болған кезде КАВГ шығыс кернеуін тұрақтандыру бойынша алынған теориялық және эксперименттік нәтижелер.

5. Техникалық-экономикалық көрсеткіштердің тиімділігін қамтамасыз ететін жақсартылған негізгі сипаттамалары бар жаңа КАВГ-ны әзірлеу нәтижелері.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы

Зерттеудің практикалық маңыздылығы мынада:

-әзірленген және зерттелген КАВГ-ны электр беру желілері тартылмаған шалғайдағы объектілерді автономды электрмен жабдықтау үшін ТЖТ құрамында және басқа типтегі жел турбиналарында тиімді қолдануға болады;

-КАВГ-мен жабдықталған ТЖТ шалғайдағы автономды тұтынушыларды, шағын электр көлігін, дрондар мен жетуі қиын аймақтарда пайдаланылатын ұшқышсыз ұшу аппараттарын электр энергиясымен қамтамасыз ететін аккумуляторлық батареяларды зарядтауға мүмкіндік береді;

-зерттеу нәтижелерін шағын кәсіпорындар жағдайында жаңа, бұрын пайдаланылған немесе есептен шығарылған әртүрлі көлік құралдарының синхронды генераторлары негізінде КАВГ жасау үшін пайдалануға болады;

-диссертация материалдарын айналу жиілігі айнымалы электр генераторлары қолданылатын жүйелерді, оның ішінде жел энергетикалық қондырғылар мен гидроагрегаттарды зерттейтін пәндердің оқу үдерісінде пайдалануға болады.

Жұмыстың және алынған нәтижелердің дұрыстығы

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелердің дұрыстығы:

-эксперименттер барысында КАВГ якорь орамасы тармақтарының кернеуін, тогын және қызу температурасын жоғары дәлдікпен өлшейтін заманауи аспаптарды қолданумен: True RMS функциясы бар UT181A цифрлық мультиметрімен, UT33B+ цифрлық мультиметрлерімен, UT371 UNI-T цифрлық тахометрімен және UTD1025 UNI-T цифрлық осциллограф-мультиметрімен;

-теориялық және эксперименттік зерттеу нәтижелерін салыстырмалы талдаумен, сондай-ақ КАВГ-ның сыртқы және реттеу сипаттамалары параметрлерін құжаттаумен;

-зерттеудің Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің 2023–2025 жылдарға арналған гранттық қаржыландыру жобасы шеңберінде орындалуымен қамтамасыз етілді (AP19679469 «Шағын жел электр станцияларына арналған айналу жиілігінің кең ауқымы және тұрақты шығыс кернеуі бар вентильді генераторды әзірлеу»).

Зерттеу нәтижелерін апробациялау

Жұмыстың негізгі нәтижелері келесі ғылыми конференцияларда баяндалып, талқыланды:

Алматы энергетика және байланыс университетінің 50 жылдығына арналған «Энергетика, инфокоммуникациялық технологиялар және жоғары

білім» XIII Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясында (Алматы, 2025 ж.); Scientific Congress Agricultural Machinery, Volume 1 «Agricultural Machines. Research and Testing. New Machine Designs» VI Халықаралық ғылыми конгресінде (Бургас, Болгария, 2018 ж.); 2018 14th International Scientific Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE) XIV Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясында (Новосибирск, 2018 ж.); «Көлік және энергетиканың өзекті мәселелері: оларды инновациялық шешу жолдары» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Астана, 2017 ж.); «АӨК дамуының басым бағыттары: жаһандық сын-қатерлер және ғылыми-техникалық әлеует» атты жас ғалымдар мен студенттердің республикалық ғылыми-практикалық конференциясында (Алматы, 2017 ж.); «Қазақстанның ғылымындағы, біліміндегі және өндірісіндегі инновациялар» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Алматы, 2016 ж.).

Жарияланымдар

Диссертация тақырыбы бойынша Scopus деректер базасына енгізілген журналдарда 2 мақала, ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 5 мақала және халықаралық ғылыми конференциялар жинақтарында 5 баяндама жарияланды. Пайдалы модельге Қазақстан Республикасының 2 патенті алынды.

Автордың жеке үлесі

Автордың жеке үлесі:

-диссертация тақырыбы бойынша ғылыми әдебиеттерге шолу және патенттік ізденіс жүргізуден, MATLAB/Simulink ортасында имитациялық модель әзірлеу барысында теориялық зерттеулер орындаудан;

-сынақ стендін әзірлеуден, эксперименттер жүргізуден, алынған эксперименттік деректерді өңдеуден және ғылыми-техникалық журналдарда мақалалар жариялаудан;

-пайдалы модельдерге патенттер дайындаудан және зерттеу нәтижелерін апробациялаудан тұрады.

Ғылыми жетекші мен шетелдік ғылыми кеңесшінің қатысуымен зерттеу жұмысының негізгі бағыттары айқындалды.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Диссертацияның жалпы көлемі 133 беттен тұрады және онда 43 сурет пен 11 кесте берілген.

Кіріспе

Кіріспеде зерттеу тақырыбына қатысты негізгі мәселелер айқындалып, таңдалған тақырыптың өзектілігі негізделген. Ғылыми әдебиеттерге талдау және патенттік ізденіс жүргізілген. Зерттеудің мақсаты мен міндеттері, жұмыстың ғылыми жаңалығы, практикалық маңыздылығы, алынған нәтижелердің дұрыстығы, автордың жеке үлесі, жарияланымдар және зерттеу нәтижелерін апробациялау туралы мәліметтер келтірілген.

Кіріспе бөлім

Кіріспе бөлімде Қазақстанның жел энергетикалық әлеуетіне және әртүрлі жел турбиналарын қолдану перспективаларына қысқаша талдау жүргізілген. Қосымша электр энергиясын өндіруге пайдалануға болатын ТЖТ механикалық қуатының резервтері анықталған. Қолданыстағы жел электр генераторларының артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген. Кең таралған ТЖТ үшін электр генераторларының типі мен қуаты негізделген. Шалғайдағы объектілерді электрмен жабдықтау жүйелерінде КАВГ-ны қолдану тәсілдері қарастырылған.

Екінші бөлім

Екінші бөлімде жел ағынының жылдамдығы өзгерген кезде шығыс кернеуін белгіленген шектерде тұрақтандыруды ескеретін КАВГ-ның жұмыс істеу тұжырымдамасы ұсынылған. Шығыс кернеуін сатылы түрде тұрақтандыруға мүмкіндік беретін якорь орамасының параллель тармақтары топтарын жалғау сұлбалары әзірленген.

Параллель тармақтар топтарының диодты көпірлерін параллель немесе тізбектей жалғау арқылы коммутациялық түйіспелер санын азайтуға мүмкіндік беретін КАВГ-ның жеңілдетілген моделі ұсынылған. Якорь орамасын қайта ораудың тиімді сұлбаларын анықтауға мүмкіндік беретін КАВГ параметрлерін есептеу әдістемесі әзірленген.

Үшінші бөлім

Үшінші бөлімде ТЖТ мен КАВГ-ның физикалық модельдері бар сынақ стендінің принциптік электрлік сұлбасы және сипаттамасы келтірілген. Эксперименттік зерттеулер жүргізу әдістемесі әзірленген. Сынақ стенді элементтерінің жалпы көрінісі көрсетіліп, өлшеу аспаптарының электр техникалық сипаттамалары берілген.

Эксперименттік зерттеулер нәтижелері бойынша тиісті графиктер тұрғызылған. Әртүрлі жұмыс режимдерінде ТЖТ мен КАВГ-ның өзара үйлесімділігі тексерілген. КАВГ-ның әртүрлі айналу жиіліктеріндегі бос жүріс сипаттамалары анықталған. Сыртқы және арнайы реттеу сипаттамалары тұрғызылған. MATLAB бағдарламасының көмегімен эксперименттік деректерді аппроксимациялау нәтижелері бойынша қорытындылар жасалған.

Төртінші бөлім

Төртінші бөлімде MATLAB/Simulink бағдарламалық ортасын қолдану арқылы КАВГ-ға имитациялық модельдеу жүргізілген. Модельдеу кезінде қабылданған негізгі жорамалдар мен модельдің қолданылу шектері көрсетілген. КАВГ-ның әртүрлі жұмыс режимдеріндегі кернеуі мен қоздыру тогының өзгеру сипаттамалары келтірілген. Қоздыру тогын автоматты реттеу сұлбасы құрастырылып, КАВГ-ның жұмыс режимдерін басқару алгоритмі әзірленген.

Қорытынды

Қорытындыда жүргізілген зерттеулердің ғылыми деңгейі мен жел энергетикалық қондырғыларға арналған КАВГ-ны әзірлеудегі маңыздылығын сипаттайтын негізгі нәтижелер мен тұжырымдар келтірілген. Жел ағынының

жылдамдығы кең ауқымда өзгерген жағдайда КАВГ-ның өндірілетін кернеуді белгіленген деңгейде ұстап тұру қабілеті көрсетілген.

Қосымшалар

Қосымшаларда Қазақстан Республикасының пайдалы модельдерге берілген патенттерінің көшірмелері, диссертациялық жұмыс нәтижелерін оқу үдерісіне және өндіріске енгізу актілері, оның ішінде «Талғар жаңартылатын энергия көздері ғылыми-өндірістік компаниясы» ЖШС берген енгізу актісі, диссертация тақырыбы бойынша жарияланған ғылыми еңбектердің тізімі және сынақ зертханасында түсірілген фотосуреттер берілген.

Осы зерттеу шағын жел электр станцияларының орнатылған қуатты пайдалану коэффициентін арттырумен байланысты маңызды ғылыми-техникалық міндетті шешуге бағытталған. Әзірленген шешімдерді практикалық іске асыру Қазақстан Республикасында жел энергетикасы саласындағы отандық технологияларды дамытуға, электр техникалық жабдықтар өндірісін жергіліктендіру деңгейін арттыруға және автономды электрмен жабдықтау көздерін жетілдіруге ықпал етеді.