

«6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар»
мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін жазылған
АНДАТПА

ИСИМОВА АЙГЕРИМ ТОКТАРОВНА

Механикалық дірілді электрлік сигналға түрлендіру құрылғысы

Жұмыстың жалпы сипаттамасы

Диссертациялық жұмыс электромагниттік генераторды қолдану арқылы вибрациялық энергияны электр энергиясына түрлендіру жүйесін зерттеуге арналған. Виброгенератор механикалық тербелістерді электрлік сигналдарға түрлендіреді. Жұмыстың негізгі мақсаты – вибросигналдарды электр тогына тиімді түрлендіре алатын жүйені әзірлеу.

Жұмыста электромагниттік генераторлардың жұмыс істеу принциптері мен вибрациялық энергияны электр энергиясына түрлендіру тәсілдері қарастырылған. Электромагниттік генераторлардың әртүрлі түрлері мен олардың заманауи техникада қолданылуы сипатталған.

Мәселені шешу үшін екі тұрақты магнит пен катушкадан тұратын жүйе жасалды. Жүйенің жұмысын тексеру үшін құрылғыда эксперименттік зерттеу жүргізілді. Эксперимент 2 Гц-тен 600 Гц-ке дейінгі жиілік диапазонында, яғни төмен жиілікті сигналдардан бастап жоғары жиілікті сигналдарға дейін жүргізілді. Шығыс сигналының формасы осциллограф арқылы тіркелді. Нәтижелер көрсеткендей, жүйе вибросигналдарды электр энергиясына жоғары тиімділікпен түрлендіре алады және харвестердің прототипі кеңжолақты сигналдармен жұмыс істей алады.

Жүйенің теориясы жасалып, харвестердің жұмысын толық сипаттайтын компьютерлік модельдеу құрылды. Сандық есептеулер Python бағдарламасы арқылы жүргізілді. Қалпына келтіру коэффициенті мен өзіндік индукция сияқты параметрлер электромагниттік тербелістер энергиясын жинайтын құрылғының тиімді жұмысында маңызды рөл атқаратыны көрсетілді.

Осылайша, жасалған жүйе вибрациялық діріл сигналдарын электр энергиясына түрлендіру қажет болатын әртүрлі салаларда қолдануға болады, мысалы, заманауи медицинада (датчиктер мен әртүрлі құрылғылардың жұмысын қамтамасыз ету үшін), сондай-ақ автоматтандыру және бақылау жүйелерінде өнеркәсіпте қолдануға болады.

Зерттеу өзектілігі

Электроника саласының ең үлкен бөлімдерінің бірі ол сигналды түрлендіру болып табылады. Түрлендіргіштердің түрлері өте көп, бұл жұмыста қоршаған орта сигналын пайдалы сигналға түрлендіру құрылғысының прототипі қарастырылады. Яғни қосымша көрек көзін қажет етпейтін, автономды жұмыс істей алатын жүйені құрастыру қазіргі замандағы өзекті мәселе болып табылады.

Соңғы онжылдықта заттар интернеті (IoT) үшін дірілден алынатын сигнал түрлендіргіштерін әзірлеу бойынша ауқымды зерттеулер жүргізілген. Бұл қуаты өте төмен (ULP) тізбектеріндегі жетістіктерге, сондай-ақ сымсыз сенсорларға деген қажеттілікке байланысты. Заманауи сымсыз сенсор түйіндері (WSN) әдетте қуат алу үшін электрохимиялық батареяны пайдаланады. Дегенмен, әдеттегі аккумуляторлар, МВт диапазонында токтарды пайдаланған кезде 15 жылға дейін шектеулі қызмет мерзіміне ие. Осы WSN үшін кейбір қолданбалардың батареяларын ауыстыру тым қиын немесе тым қымбат етеді.

Осыған орай, өз-өзін қуаттандыра алатын жүйелер қарқынды дамуда. Яғни, қоршаған ортаның энергиясын қолдана отырып, жүйені қашықтықтан қуаттандыру. Бұндай қорек көзі ретінде ультракүлгін сәулелену, жылу және жел энергиясы сияқты жаңартылатын энергия көздері келтіріледі және ашық ауада қолдануға жарамды. Дегенмен, олардың көпшілігі ауа райы жағдайына қатты тәуелді және үй ішінде жұмыс істегенде айтарлықтай аз қуат өндіреді. Сонымен қатар, қоршаған ортадан алуға болатын тағы бір энергия көзі ол – діріл. Бұл нақты әлемде тербелістердің көп болуына байланысты тербеліс энергия түрлендіргіштері энергия көзінің эффективті баламасы болуына әкеледі. Вибрациялық энергия түрлендіргіштер механикалық тербелістерді электр энергиясына түрлендіру арқылы энергия өндіреді. Бұндай түрлендіргіштер жұмыс принципі бойынша әдетте пьезоэлектрлік, электростатикалық және электромагнитті секілді санаттарға бөлінеді.

Соңғы жылдары діріл негізінде энергия түрлендіру әдістері перспективті технологиялар болып табылады және қоршаған ортаны мониторинг жасауда, денсаулық сақтау және медицинада қолданатын сымсыз сенсорлы желілер үшін қорек көзі ретінде қолдануға болатын тығыздығы жоғары энергия және қызмет көрсету мерзімі ұзақ болғандықтан зерттеушілердің қызығушылығы одан сайын артуда. Діріл энергиясын түрлендіргіш құрылғылардың көбі энергия түрлендіру механизмінің бір түріне негізделіп жобаланады, оларға электростатикалық, электромагнитті және трибоэлектрлік. Сонымен қатар, сымсыз датчиктерді қорек көзімен қамтамасыз ету және автономды қорек көзі бар қондырғыларды жасау үшін діріл энергиясын түрлендіру бойынша көптеген жұмыстар жүргізілуде. Бұл кабельдің жоғарғы құны немесе батареяларды ауыстырудың қиын логистикасы сияқты сенсорлық платформалары бар кәсіпорындарда пайда болатын көптеген мәселелерді шешіп қана қоймайды, сонымен қатар жаңартылатын және тұрақты шешімдерге қатысты қажетті жаһандық трендке сәйкес келеді, мысалы, өзін-өзі басқару және сырттан энергия қажет етпейтін автономды қуаттандырылатын датчиктер. Өнеркәсіп кешендерінде арнайы сенсорлардың алдағы жылдарда маңыздылығы арта түскен сайын, бұндай құрылғыларды қорек көзімен қамтамасыз ету де ауқымды тапсырмалардың бірі болып табылады, сонымен қатар батареямен қоректенетін сымсыз сенсорлы түйіндердің және электронды құрылғылардың көптеген мәселелерінің бірі жүйенің қызмет ету мерзімі. Бұндай шешім сенсорлы түйіндердің қызмет ету мерзімін арттырады, одан бөлек

мониторинг жүйесіне техникалық қызмет көрсету шығындарын төмендетеді және қоршаған ортаны батареялармен ластануын болдырмайды.

Жұмыстың мақсаты

Механикалық дірілден пайда болатын энергияны электрлік сигналға түрлендіруге арналған электромагнитті түрлендіргіш құрылғысының прототипін әзірлеу және оның сипаттамаларын зерттеу.

Зерттеу нысаны

Екі тұрақты және еркін қозғалатын магниттерден тұратын электромагнитті діріл түрлендіргіш жүйесі

Зерттеу пәні

Электрқозғаушы күштің механикалық діріл жиілігіне тәуелділігі

Зерттеу әдістері

Үш түрлі әдіс қолданылды: электромагнитті түрлендіргіш прототипіне тәжірибе жүргізілді, екі тұрақты және еркін қозғалатын құрылғы жүйесіне механикалық әсер кезіндегі магниттер қозғалысының теориясы зерттелінді, жүйенің математикалық моделі жазылды және сандық есептеулер жүргізілді.

Зерттеу міндеттері

1. Тұрақты және еркін қозғалатын екі магнит негізіндегі түрлендіргіштің тәжірибелік үлгісін жасау.
2. Катушка тудыратын ЭҚК шамасының сыртқы тербеліс сигналына тәуелділігін зерттеуге арналған эксперименттік қондырғыны құру.
3. Дайындалған стендте тәжірибе жүргізу.
4. Түрлендіргіштің шығысында пайда болған энергияның жиілікке тәуелділігін сипаттайтын математикалық модельді құру.
5. Сандық есептеу жүргізу және оның нәтижелерін эксперименттік мәліметтермен салыстыру.
6. Сымсыз сенсорлар мен бақылау құрылғыларын автономды электрмен жабдықтауды қамтамасыз ету үшін әзірленген жүйені заттарды Интернет (IoT) жүйелерінде пайдалану мүмкіндігін зерттеу.

Диссертациялық жұмыстың жаңалығы мен ерекшелігі, алғаш рет:

1. Жүйенің сыртқы діріл әсерлеріне жоғары сезімталдығын қамтамасыз ететін шағын өлшемді және еркін қозғалатын магнитті қамтитын электромагниттік түрлендіргіштің жетілдірілген прототипі әзірленді.
2. Тәжірибелер барысында тәжірибелік үлгінің жұмыс жиілігі анықталды және құрылғының кең жолақты жұмыс спектрі бар екендігі анықталды, бұл оны әртүрлі жұмыс жағдайлары үшін әмбебап етеді.
3. Өндірілген электр энергиясының мөлшерінің механикалық тербеліс жиілігіне және жүйенің сипаттамаларына тәуелділігін болжауға мүмкіндік беретін математикалық модель әзірленді.
4. Жүргізілген зерттеулер ұсынылып отырған құрылғыны дәстүрлі қуат көздерін қажет етпей, тұрақты электрмен жабдықтауды қамтамасыз ететін «Заттар интернеті» сенсорлары үшін автономды электрмен жабдықтау

жүйелерінде тиімді пайдалануға болатынын дәлелденді.

Жұмысқа қойылатын негізгі тапсырмалар:

1. Екі тұрақты және еркін қозғалатын магнит негізінде жасалған түрлендіргіштің прототипін физикалық түрде құрастыру;

2. Құрылғы бойында пайда болатын ЭҚК мәнінің сыртқы тербеліс күшіне тәуелділігін анықтауға арналған тәжірибелік стенд құрастыру, сонымен қатар тәжірибе жүргізу;

3. Электромагнитті түрлендіргіш құрылғы беретін электр энергия мәнінің жиілікке тәуелділігін сипаттайтын математикалық моделін құру. Құрылған математикалық модель сипаттайтын мәндерді сандық түрде компьютермен шешу, сонымен қатар математикалық және компьютерлік модель нәтижелерін тәжірибе нәтижелерімен сәйкестігіне көз жеткізу.

4. Екі еркін қозғалатын магниттерден тұратын электромагнитті түрлендіргіш құрылғысын IoT жүйелерінде қолдану.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы

Диссертациялық жұмыс нәтижелері қоршаған ортаның діріл энергиясын түрлендіре алатын электромагнитті діріл энергия түрлендіргіштің прототипін жасауға мүмкіндік береді. Және электромагнитті діріл энергия түрлендіргіш құрылымыны датчиктерді қорек көзімен қамтамасыз етуде және мониторинг кезінде автономды қуаттандыру кезінде қолдануға болады. Келтірілген теориялық тұжырымдамалар діріл энергиясын түрлендіру жүйелерінде көрсеткіштерді есептеуде қолдануға мүмкіндік береді

Нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі

Диссертациялық жұмыс нәтижелерінің сенімділігі мен негізділігі ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК-і ұсынған басылымдарда, Web of Science (Clarivate Analytics, АҚШ) және Scopus (Elsevier, Нидерланды) халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін журналдарда және халықаралық ғылыми конференцияларда жарияланымдардың болуымен және басқа авторлар алған нәтижелерге сәйкес болуымен расталады.

Автордың жеке үлесі

Автор диссертациялық жұмыстың барлық кезеңдеріндегі мынандай зерттеу жұмыстарына толықтай қатысты: электромагнитті діріл энергия түрлендіргіш құрылымының прототипін жасау, зерттеуге қажетті құрылғылардың стендін дайындау, сонымен қатар тәжірибелік зерттеу жүргізу. Жұмыстың міндеттері мен жоспарын бекітуде, математикалық моделін тұрғызғанда, компьютерлік моделін есептегенде және нәтижелерді талдауда ғылыми жетекшімен бірге орындалды.

Диссертациялық жұмыстың апробациясы

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы бойынша 3 ғылыми баспа жұмысы жарияланды, оның ішінде 1 мақала философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК-і ұсынған ғылыми басылымда, 1 мақала Европалық конференцияда, 1 мақала Scopus халықаралық ақпараттық

ресурстарына кіретін ғылыми басылымдарда жарияланды. Сонымен қатар, жұмыс нәтижесі бойынша 1 авторлық куәлік бар.

Thomson Reuters деректер базасы бойынша немесе Scopus халықаралық ғылыми деректер базасына енетін басылымдарда жоғары импакт-факторлы мақалалар:

1. Kurt E., Issimova A., Medetov B. A wide-band electromagnetic energy harvester //Energy. – 2023. – Т. 277. – С. 127693. Quartile: Q1

ҚР ҒЖМБ ҒЖБССҚК ұсынған басылымдарда жарияланған мақалалар:

1. Исимова А.Т., Толегенова А.А., Курт Е., Медетов Б.Ж. Екі тұрақты магниттен құрастырылған электр тогының генераторы // Вестник КазННТУ. – 2020. - №1. – С. 190 – 196

Конференциядағы жарияланымдар:

1. Kurt E., Issimova A., Medetov B. Algebraic modeling of a new electromagnetic mechanical vibration energy harvester // European conference on renewable energy system. – Istanbul, 2020. – p. 221-226

Авторлық куәлік: Исимов А.Т., Медетов Б.Ж. Екі тұрақты магниттен құрастырылған электр тогының генераторы // Авторлық куәлік, 2023. №37045

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Жұмыс 45 сурет, 51 формула, 5 кесте, 110 әдебиеттер тізімі және 88 бетті қамтиды