

Павел Анатольевич Петровтың бD071900 - «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін ізденуге ұсынылған «Ірі габаритті агрегаттардың айналу механизмін екі қозғалтқыш асинхронды электр жетегі арқылы басқарудың жоғары нүктелі автоматтандырылған жүйесін әзірлеу» диссертациялық жұмысының

АҢДАТПА

Зерттеудің жалпы идеясы ірі габаритті нысандардың айналу механизмін басқару жүйесінің динамикалық жүктемесіне бейімді құрастыру болып табылады.

Айналу нысанын таңдау мәселесін шешуде, ірі габаритті агрегаттың нақты түрін негізге алу қажет. Сондықтан, осы зерттеуде, нақты механикалық әрекеттер (айналу) орындайтын нысандар ретінде теміржол вагондары негізге алынады. Егер зерттеуді толығымен қарастырсақ, онда айналмалы нысандардың орнына теміржол вагондарына ұқсас өзінің массасы, өлшемі, құрылымы және ішкі механикалық байланыстары бойынша кез келген басқа ірі габаритті нысандарды пайдалануға болады.

Жұмыстың өзектілігі. Өзектілігі теміржол өнімдеріне, нақтырақ астық-вагондарына («хопперлер») сұраныстың артуымен негізделеді. Қолданыстағы жүйелер жүктің айналу үдерісінде динамикалық әсердің артуымен байланысты көп тонналы құрылымдар болып табылады.

Қазіргі уақытта өзекті мәселе динамикалық жүктемелердің арттыруға бейімделу мүмкіндігімен теміржол вагондардың айналуын басқарудың микропроцессорлық жүйесін жасау болып табылады, бұл технологиялық үдерістерді едәуір жақсартады, теміржол вагондарын өндіру, құрастыру мен жөндеу шығындарын азайтады. Әзірленетін жүйе вагон домалағыш механизмдерінің жоқтығымен қолданыстағы аналогтардан ерекшеленеді. Мұндай жүйелер көп тонналы нысандар болып табылады, онда теміржол вагоны қосымша қозғалу механизмдерімен орналастырылады. Демек, осындай кешендер өте габаритті және энергияны тұтынушы болып табылады. Зерттеу барысында технологиялық шешім қабылданған, онда жүйеге кіретін әрбір электр жетегінің шығыс біліктері жақтаулық айналу жүйесін құра отырып, вагонның бекіту жақтауымен тікелей қосылатын болады.

Сондықтан, мұндай априори жүйесі домалату жүйесінде қосымша динамикалық жүктемелердің болмауы есебінен электр қуатты аз тұтынуымен сипатталады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты инерция мен кедергінің динамикалық кезеңдеріне бейімделуге мамандандырылған теміржол вагондарының (немесе ұқсас ірі габаритті агрегаттардың) айналу механизмін екі қозғалтқыш электр жетегі арқылы басқарудың микропроцессорлық жүйесін әзірлеу болып табылады.

Әзірленетін жүйе бес негізгі бөлімнен тұрады:

– теміржол вагондарының айналу механизмін екі қозғалтқыш электр жетегі арқылы басқарудың компьютерлік моделі;

– микроконтроллер немесе микропроцессорді, сонымен қатар мультиплексорлық құрылғылардың рөлін атқаратын деректерді жинақтаудың сандық платаларын қосатын электрондық кешендерде іске асырылған басқару блогы;

– әр электр жетегі арқылы шығыс білігінің айналым санын белгілейтін, бұрыштық жылжыту тетіктерін өзіне қосатын өлшеу құрылғысының блогы;

– теміржол вагондарының бекіту жақтауына арналған макетпен қосылған екі қозғалтқыш электр жетегі жүйесін қосатын атқарушы блогы;

– әр түрлі түрлендіргіштерді (қуатты реттеуіштер, үш фазалы инверторлар, түзеткіштер, қуат реттеуіштері және т.б.) қосатын қуат блогы.

Зерттеу нысаны мамандандырылған жүк теміржол вагондарының (атап айтқанда, «хопперлердің») айналу технологиясы болып табылады.

Қарастырылып отырған теміржол вагондарының айналу технологиясын зерттеу саласында шартты түрде төрт бөлімді атап айтуға болады:

– екі қозғалтқыш электр жетегін және вагонды бекіту жақтауын қосатын, теміржол вагондарының айналу механизмін зерттеу және талдау;

– автоматтандырылған электр жетегінің қолданыстағы жүйелерін зерттеу және олардың ең тиімді тәсілін таңдау;

– екі қозғалтқыш электр жетегі (реттеуді қоса алғанда) арқылы басқарудың тәсілдерін зерттеу және талдау;

– басқару нысандары параметрлерінің айналу үдерісін (екі қозғалтқыш электр жетегін) өзгертін сәйкестендіру әдістерін зерттеу және талдау.

Зерттеу пәні ірі габаритті агрегаттардың айналу механизмін екі қозғалтқыш электр жетегі арқылы басқарудың микропроцессорлық бейімделу жүйесін құрастыру тәсілдерін зерттеу мәселесі болып табылады. Әзірленетін жүйе басқару үдерісінің жылдамдығы мен дәлдігінде ғана емес, бірақ және реттелетін нысанның өзгертін параметрлеріне бейімделу мүмкіндігімен сипатталады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы төменде келтірілген:

1. Теміржол вагонын бекіту жақтауымен байланысқан, екі қозғалтқыш электр жетегі біліктерінің айналу жылдамдығы мен айналу синхронының әзірленген шағын жүйесінен ерекшеленетін кедергі мен жүктеменің бейімделу кезінде және басқарудың векторлық тәсілдерімен ірі габаритті агрегаттардың айналу механизмін екі қозғалтқыш электр жетегі арқылы басқарудың құрылымы әзірленді.

2. Басқару нысанның (автоматтандырылған электр жетегінің) математикалық моделі параметрлерінің индентификаторы болған кездегі ерекшеленетін, екі қозғалтқыш электр жетегінің шығыс білігінің жылдамдығын реттеуші шағын жүйесі әзірленді, соның салдарынан теміржол вагондарының айналу механизмін құрылымдауда динамикалық жүктемелерді барынша азайтуға қол жеткізеді.

3. Айналу жақтауымен қосылған екі қозғалтқыш электр жетегі арқылы шығыс білігінің бұрыштық жылжуын өлшейтін прецизионды фотоэлектрлік сандық тетіктердің дабылдарын пайдаланылатын автоматтандырылған екі қозғалтқыш электр жетегі арқылы басқарудың микропроцессорлық жүйесі жұмысының алгоритмдері жақсартылды, нәтижесінде теміржол вагонының айналу үдерісінде динамикалық жүктемелердің төмендеуі байқалады.

Зерттеу әдістері. Диссертациялық зерттеуде келесі зерттеу әдістері қолданылды:

- автоматтандырылған басқару жүйелерін сәйкестендіру, бейімделу және оңтайландыру ғылыми аппараты;

- автоматтандырылған электр жетегінің, нақтырақ көп қозғалғыштың теориясы;

- теміржол вагондарының айналуын басқару жүйелерінің шағын жүйесін және жартылай өткізгіштік электр жетегін жобалауға арналған жүйелердің қазіргі қолданбалы пакетінің көмегімен тұтастай барлық жүйеде компьютерлік үлгілеу;

- электрондық модульді құрастырудың сызба техникалық әдістерін қолдану;

- 32-разрядты микропроцессорде қазіргі платформаның көмегімен, сонымен қатар ақпаратты жинауға арналған интерфейстік сандық платасымен деректерді жинақтау және өңдеу әдістері;

- басқарудың негізгі элементі болып табылатын қазіргі қолданбалы пакеттердің және микропроцессорда бағдарламалау кодын жинау (жүктеу) көмегімен блок-сызбасын бағдарламалаудың визуалды (графикалық) әдістері.

Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы:

- MatLab 2013 бағдарламалық қамтамасыз етумен Simulink ортасында микропроцессорларды визуалды бағдарламалаудың соңғы технологияларын қолданып SAM3X8E ARM Cortex-M3 микропроцессоры базасында Arduino Due платасы негізінде басқару блогы әзірленді;

- теміржол вагондарының айналуын басқарудың бейімделу жүйесінің және оның MatLab 2013 бағдарламалық қамтамасыз етумен Simulink қолданбалы пакетінде шағын жүйелердегі компьютерлік моделі әзірленді;

- аталған жүйенің компьютерлік үлгісін, SAM3X8E ARM Cortex-M3 микропроцессордегі басқару блогын, бұрыштық жылжу тетіктерін, қуат түрлендіргіштерін, атқарушы механизмдерін және теміржол вагондарын бекіту жақтауының макеттерін қосатын теміржол вагондарының айналуын (эксперименталды қондырғы) басқару жүйесінің тәжірибелі үлгісі әзірленді.

Теориялық және тәжірибелік зерттеу нәтижесінде СУВВ әзірленген жеке шағын жүйедегі MatLab 2013 ортасында және тұтастай басқарудың барлық жүйесінде компьютерлік Simulink-моделдері алынды

Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдар:

- жүктеменің ауыспалы кезеңіне және кедергі кезеңіне бейімделген теміржол вагондарының айналу механизмін екі қозғалтқыш электр жетегі арқылы басқарудың жүйесін жобалаудың жалпы тұжырымдамасы;

– математикалық модельдер: тұтастай барлық механикалық жүйелер (теміржол вагондарын, бекіту жақтауын, сонымен қатар екі қозғалтқыш электр жетегін қосатын), басқару нысаны (векторлық басқарумен автоматтандырылған электр жетегі);

– екі қозғалтқыш электр жетегі арқылы бейімделген басқару жүйесінің функционалдық сызбасы;

– басқару нысанның математикалық моделінің параметрлерін әзірленген сәйкестендіру шағын жүйеден (автоматтандырылған екі қозғалтқыш электр жетегі) ерекшеленетін екі қозғалтқыш электр жетегінің жылдамдығын реттегіш шағын жүйенің құрылымы, бұл механизмдердің құрылысы динамикалық жүктемелерді азайтуға алып келеді;

– шағын жүйенің құрылымын бейімдеу, кіріс дабылдарын басқару нысанының сәйкестендірілген параметрлері болып табылады (автоматтандырылған электр жетегі);

– басқарудың микропроцессорлық блогының негізінде теміржол вагондарын айналу механизмін екі қозғалтқыш электр жетегі арқылы басқару жүйесін және бұрыштық жылжу прецизионды тетіктердің эксперименталды қондырғыларын жобалау тұжырымдамасы.

Алынған нәтижелердің сынап өтуі теміржол вагондарын айналдыруға арналған екі қозғалтқыш электр жетегі механизмін басқару жүйесін және оның эксперименттік қондырғысымен бірге компьютерлік моделі сияқты математикалық үлгілеу және тәжірибелердің сәйкес келуімен расталды.

Сонымен қатар, бұрыштық жылжудың прецизионды фотоэлектрлік тетіктерді, 12-биттік сандық-аналог түрлендіргіштің бар болуымен 32-разрядты микропроцессорде басқарудың жоғары өнімділік блогын, соның ішінде арзан, ыңғайлы және энергия үнемдеуші электр жетегін пайдалануда алынған нәтижелердің дұрыстығы негізделген.

Компьютерлік Simulink-моделін, басқарудың микропроцессорлық блогы мен қуатты түрлендіргіштермен шынайы механикалық жүйесін және екі қозғалтқыш электр жетегін қосатын әзірленген эксперименталдық стенді теміржол вагондарының айналуы бойынша өндірістік кешендердің жұмысын толығымен шығарады.

Жұмысты апробациялау. Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері келесі Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияларда баяндалды және талқыланды: «Қозыбаев оқылымы-2016: Еуразияның мәдени-өркениет үдерісіндегі қазіргі заманғы тенденциялары» (Петропавл қ. 18.11.16 ж.); LXV және LXVII Халықаралық ғылыми-практикалық конференция «Техникалық ғылымдар – теориядан тәжірибеге дейін» (Ресей, Новосибирск қ., 28.12.16 ж. және 27.02.17 ж.); Халықаралық ғылыми-практикалық конференция «Жастар және ғылым-2017» (Петропавл қ., 12.04.17 ж.). Сонымен қатар диссертациялық зерттеу нәтижелерінің бір бөлігі М. Қозыбаев атындағы СКМУ-нің «Энергетика және радиоэлектроника» кафедрасының, Омбы мемлекеттік техникалық университетінің «Электр техникасы» және «Радиотехникалық құрылғылар мен диагностикалық жүйелер» кафедрасының ғылыми семинарларында тыңдалды және талқыланды.

Жарияланымдар. Диссертациялық зерттеулер нәтижелері бойынша 14 жарияланым жарияланды, соның ішінде ҚР БҒМ білім және ғылым саласындағы бақылау жөніндегі комитетімен 4 – ғылыми баспада; 1 –Journal of Engineering and Applied Sciences журналында, Scopus деректер базасына енгізілген (Исламабад қ., Пәкістан); 7–конференция материалдарында, соның ішінде 2 – шетел (Новосибирск қ., Ресей); 2 – М. Қозыбаев атындағы СҚМУ-нің аймақтық мерзімді Хабаршысында ұсынылған. Диссертациялық зерттеудің жартылай нәтижелері өнертабыстың инновациялық патентінде көрсетілген № 27956 (25.12.13 ж.).

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспе, төрт тараудан, қорытынды, қолданылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертацияның жалпы көлемі 121 бетті құрайды. Жұмыста 96 сурет, 4 кесте келтірілген. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 118 атаудан тұрады.

Диссертация тақырыбы бойынша автормен жарияланылған жұмыстардың тізімі.

ҚР БҒМ БҒСБҚ қабылданған баспаларда:

1. В.П. Ивель, П.А. Петров Arduino Uno платформасының базасында көп тонналы нысандардың айналымының кешенін басқаруда Simulink-модельдер жүйесін әзірлеу // С. Торайғыров атындағы ПМУ Хабаршысы. Энергетикалық серия. – Павлодар. – 2016. – №4 – Б. 108-116.

2. В.П. Ивель, П.А. Петров, Ю.В. Герасимова Қосалқы оператор әдісінің көмегімен асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеуге бейімделу жүйесін жоабалау // С. Торайғыров атындағы ПМУ Хабаршысы. Энергетикалық серия. – Павлодар. – №2 (2017). – Б. 66-72.

3. П.А. Петров Асинхронды электр жетегі арқылы екі қозғалтқышты басқару үшін Matlab/Simulink пакеттерін және ARDUINO MEGA 2560 платасын қолдану // Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университеті Хабаршысы. – Семей. – 2017. – №2 (78), 1 том. – Б. 68-72.

4. В.П. Ивель, П.А. Петров, Ю.В. Герасимова, С.С. Молдахметов ТЖ вагондарының айналмалы-көтеру жүйелері // Қазақстан Республикасы ұлттық академиясының Хабаршысы. – 2017. – №6. – Б.52-59.

Scopus деректерінің базасына енгізілген баспаларда:

Pavel Petrov, Yuliya Gerasimova, Viktor Ivel and Sayat Moldakhmetov. System of lifting and rotation of railway cars/ ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 13(2), 2018. – P. 714-717.

Халықаралық ғылыми конференцияларының, соның ішінде шетел материалында:

1. Ю.В. Герасимова, П.А. Петров Асинхронды қозғалтқышты басқару жүйесінің кейбір параметрлерін бағалау // Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы «ҚОЗЫБАЕВ ОҚЫЛЫМЫ - 2016: Еуразияның мәдени-өркениет үдерісіндегі қазіргі заманғы тенденциялары». – Петропавл – 2016. – Б.124-128.

2. В.П. Ивель, П.А. Петров Асинхронды қозғалтқышты басқару жүйесінің компьютерлік моделін іске асыру үшін базалық кешендерді таңдау // МНПК материалдары «Қозыбаев оқылымы-2016: Еуразияның мәдени-өркениет

үдерісіндегі қазіргі заманғы тенденциялары». – Петропавл. – 2016. – Т.2. – Б. 135-139.

3. П.А. Петров Ірі габаритті агрегаттарды домалату-көтеру үшін автоматтандыру саласында қазіргі жағдайды талдау // МНПК материалдары «Қозыбаев оқылымы-2016: М. Қозыбаевтың 85-жылдығына арналған, Еуразияның мәдени-өркеніет үдерісіндегі қазіргі заманғы тенденциялары», Т.2. - Петропавл: М. Қозыбаев атындағы СҚМУ. – 2016. – Б. 160-164.

4. П.А. Петров, В.П. Ивель Теміржол вагондарының домалату-көтеру басқарудағы жүйесінің бейімделуін синтездеу // Техникалық ғылымдар – теориядан тәжірибеге дейін: LXV халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары бойынша мақалалар жинағы – Новосибирск: СибАК. – 2016. – № 12(60). – Б. 21-27.

5. П.А. Петров Matlab/Simulink бағдарламалық қамтамасыз ету және ARDUINO MEGA 2560 платасын синтездеу әдістемесі // Техникалық ғылымдар – теориядан тәжірибеге дейін: LXV халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары бойынша мақалалар жинағы – Новосибирск: СибАК. – 2017. – № 2(62). – Б. 5-11.

6. В.П. Ивель, П.А. Петров Асинхронды электр жетегі арқылы басқару тәсілдерін зерттеу // МНПК «Жастар және ғылым - 2017». –Петропавл. – Б.176-180.

7. В.П. Ивель, П.А. Петров Векторлық басқарумен асинхронды қозғалтқыштың функционалдық сызбасын құрастыру // МНПК «Жастар және ғылым - 2017». – Петропавл. – Б.180-184.

М. Қозыбаев атындағы СҚМУ аймақтық мерзімдік Хабаршысында:

1. П.А. Петров Инженерлік мамандықтары студенттерінің білім беру үдерісінде ARDUINO аппараттық платформасын қолдану // М. Қозыбаев атындағы СҚМУ Хабаршысы. Педагогикалық серия. – Петропавл. – 2016. – № 3(32) – Б. 201-207.

2. П.А. Петров MATLAB бағдарламалық қамтамасыз етумен ARDUINO MEGA 2560 платасының коммуникациясы // М. Қозыбаев атындағы СҚМУ Хабаршысы. – Петропавл. – 2016. – № 4(33) – Б. 98-104.