

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՏԻԳՐԱՆ ԷՂՈՒԱՐԴԻ ՀԱԿՈՒՅԱՆ

ՀԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ԲԵՌՈՎ ԱՍԻՆԽՐՈՆ ԷԼԵԿՏՐԱԲԱՆԵՑՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ
ԲԱՐԵԼԱՎՈՒՄԸ

Ե. 09.01 - «Էլեկտրատեխնիկա, էլեկտրամեխանիկա, էլեկտրատեխնոլոգիաներ»
մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական
աստիճանի հայցման ատենախոսություն

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Դ

ԵՐԵՎԱՆ 2021

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

АКОПЯН ТИГРАН ЭДУАРДОВИЧ

УЛУЧШЕНИЕ СИСТЕМЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УДАРНОЙ
НАГРУЗКОЙ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.09.01 - “Электротехника, электромеханика, электротехнологии”

ЕРЕВАН 2021


Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում (ՀԱՊՀ)

Գիտական ղեկավար՝ տ. գ. դ. Մ.Ք. Բաղդասարյան
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ տ. գ. դ. Ժ.Դ. Դավիդյան
տ. գ. թ. Ա.Ս. Հայրապետյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ «Էներգետիկայի գիտահետազոտական ինստիտուտ» ՓԲԸ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2021թ. հուլիսի 2-ին, ժամը 12⁰⁰ -ին Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում գործող ԲՈԿ-ի 038 մասնագիտական խորհրդի նիստում (0009, Երևան, Տերյան փող., 105):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ գրադարանում:
Սեղմագիրն առաքված է 2021թ. մայիսի 21-ին:


Մասնագիտական խորհրդի
Գիտական քարտուղար, տ.գ.թ.՝  Ա.Լ. Մայիլյան

Тема диссертации утверждена в Национальном политехническом университете
Армении (НПУА)

Научный руководитель: д.т.н. М.К. Багдасарян
Официальные оппоненты: д.т.н. Ж.Д. Давидян
к.т.н. А.С. Айрапетян
Ведущая организация: ЗАО “Научно-исследовательский институт
энергетики”

Защита диссертации состоится 2-го июля 2021г. в 12⁰⁰ часов на заседании Специализированного совета ВАК 038, действующего при Национальном политехническом университете Армении, по адресу: 0009, Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.
Автореферат разослан 21-го мая 2021г.

Ученый секретарь
Специализированного совета, к.т.н.  А.Л. Маилян

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՆԿԱՐԱԳԻՐԸ

Թեմայի արդիականությունը: Տեխնոլոգիական գործընթացներում տարատեսակ հարվածային մեխանիզմների աշխատանքի ապահովման համար օգտագործում են ինչպես սինխրոն, այնպես էլ ասինխրոն շարժիչներ: Որոշ արտադրություններում տեխնոլոգիական առանձնահատկություններով պայմանավորված օտագործվում են մեխանիզմներ, որոնք աշխատում են պարբերաբար փոփոխվող աճող և նվազող բեռի տակ: Նմանատիպ հարվածային բեռով տեխնոլոգիական մեխանիզմներից են՝ մամլիչները, մկրատները, մուրճերը, ջարդիչները, աղացները և այլն:

Հարվածային բեռով մեխանիզմներում օգտագործվող բանեցման ասինխրոն շարժիչներն ունեն ոչ բարձր էներգետիկական ցուցանիշներ, մասնավորապես փոքր հզորության գործակից և գերբեռնման ունակություն: Չնայած նրան, որ ասինխրոն շարժիչներին բնորոշ թերությունները բացառող սինխրոն շարժիչները հաջողությամբ օգտագործվում են հարվածային բեռով մեխանիզմների աշխատանքի ապահովման համար, այնուամենայնիվ առանձին գործընթացներում լայնորեն կիրառվում են ասինխրոն շարժիչները, որոնց էներգետիկական ցուցանիշները բարելավման կարիք ունեն:

Հարվածային բեռով էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի առաձգական օղակները ենթարկվում են որոշակի հաճախությամբ փոփոխվող մեխանիկական հարվածների, որոնք հանգեցնում են համակարգի կառուցվածքային հանգույցների քայքայմանն ու մաշմանը, ինչպես նաև խոչընդոտում համակարգի կայուն աշխատանքին:

Հարվածային բեռով ասինխրոն էլեկտրաբանեցմանը վերաբերող հայտնի աշխատությունների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ դրանցում դիտարկվում են մասնակի հարցեր, բացի այդ հաշվի չեն առնվում բեռի փոփոխման բնութագրերը, հարվածային ազդեցությունների մեղմման հնարավորությունները և չունեն հեռակառավարման հնարավորություն: Այդ պատճառով էլ անհրաժեշտություն է առաջացել հարվածային բեռով աշխատող էլեկտրաբանեցման համակարգերի բարելավումն իրականացնել նորովի:

Հաշվի առնելով հարվածային բեռով ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգերի շահագործման յուրատեսակ պայմանները, դրանց աշխատանքային ռեժիմների բարելավման խնդիրն անհրաժեշտ է դիտարկել մեխանիկական մասի հարվածների ազդեցությունների հաղթահարման տեսանկյունից, որը գիտատեխնիկական հետաքրքրություն ներկայացնող արդիական խնդիր է: Վերջինս հնարավոր է իրականացնել էլեկտրաբանեցմանը նվիրված հայտնի աշխատությունների կիրառմամբ, նոր հնարավորությունների

բացահայտմամբ, դիմադրող մոմենտի փոփոխությունը բնութագրող մոտարկման ֆունկցիաների ստացմամբ և կիրառմամբ, հարվածների ազդեցությունները մեղմող կարգավորիչի մշակմամբ, ինչպես նաև ավտոմատացման և հեռակառավարման ապարատածրագրային ապահովման միջոցների ներդրմամբ:

Աշխատանքի նպատակը: Ատենախոսության նպատակը հարվածային բեռով աշխատող ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի աշխատանքային ռեժիմների բարելավումն է դրա մեխանիկական մասի վրա հարվածի ազդեցության մեղմմանը նպաստող կարգավորիչի, ավտոմատացման և հեռակառավարման ապարատածրագրային ապահովման միջոցների ներմուծման միջոցով:

Աշխատանքում առաջադրված նպատակն իրագործելու համար լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- հարվածային բեռով աշխատող տեխնոլոգիական մեխանիզմների ու դրանց էլեկտրաբանեցման առանձնահատկությունների ուսումնասիրություն,

- հարվածային բեռով աշխատող տեխնոլոգիական մեխանիզմների էլեկտրաբանեցման համակարգերի բարելավմանը նվիրված հայտնի աշխատությունների վերլուծություն,

- հարվածային բեռով ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի աշխատանքային ռեժիմների վրա ազդող հիմնական գործոնների վերլուծություն,

- հարվածային բեռի կողմից ստեղծած դիմադրող մոմենտի փոփոխությունը բնութագրող մոտարկման ֆունկցիաների ստացում,

- ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի հետազոտման և մեխանիկական մասի ազդեցությունը մեղմող կարգավորիչի մոդելների մշակում,

- հարվածային բեռով աշխատող ասինխրոն էլեկտրաբանեցման կառավարման համակարգի ավտոմատացման և հեռակառավարման ապարատածրագրային ապահովման միջոցների մշակում,

- հեռակառավարման ֆունկցիոնալ և սկզբունքային սխեմաների մշակում:

Գիտական նորույթը

1. Ստացվել են տեխնոլոգիական մեխանիզմի հարվածային բեռի կողմից ստեղծած դիմադրող մոմենտի փոփոխությունը բնութագրող մոտարկման ֆունկցիաներ, որոնք հնարավորություն են տալիս բարձր ճշտությամբ գնահատել տարբեր հարվածային մեխանիզմների ստեղծած մոմենտները: Առաջարկվել է դիմադրող մոմենտի մոտարկման ֆունկցիայի ստացման գործնական կիրառման այգորիթմ:

2. Մշակվել է հարվածային բեռով աշխատող ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգերի մեխանիկական մասի աշխատանքային վիճակի հետազոտման մոդել և դրա արդյունքների համակողմանի վերլուծության հենքով առաջարկվել է կարգավորման մոդել, որը հնարավորություն է տալիս բարելավել համակարգի աշխատանքային ռեժիմները:

3. Controller Area Network (CAN) համակարգի հենքով մշակվել են պատահականորեն փոփոխվող հարվածային բեռով աշխատող էլեկտրաբանեցման համակարգի ավտոմատացման և հեռակառավարման ապարատածրագրային ապահովման միջոցները, որոնք փորձարկվել են ջարդիչ մեխանիզմի օրինակի համար:

4. CAN քննարկերային տարածքային ցանցի հիման վրա մշակվել են ջարդիչի էլեկտրաբանեցման համալիրի հեռակառավարման ֆունկցիոնալ և սկզբունքային սխեմաները:

Պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները:

1. Բեռի դիմադրող մոմենտի փոփոխությունը բնութագրող մոտարկման ֆունկցիաների ստացման մոտեցումները:

2. Հարվածային բեռով էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական հարվածների ազդեցությունը մեղմող կարգավորիչի մշակման մոտեցումը:

3. Պատահականորեն փոփոխվող հարվածային բեռով աշխատող էլեկտրաբանեցման համակարգի ավտոմատացման և հեռակառավարման ապարատածրագրային ապահովման միջոցները:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:

Հարվածային բեռի ստեղծած դիմադրող մոմենտի փոփոխությունը բնութագրող մոտարկման ֆունկցիաները և դրանց գործնական կիրառման ալգորիթմը հնարավորություն են տալիս ապահովել տարբեր ֆունկցիոնալ նշանակության հարվածային բնույթ ունեցող մեխանիզմների էլեկտրաբանեցման համակարգերի համակողմանի հետազոտում, լավարկում և արատորոշում:

Ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգերի մեխանիկական մասի հետազոտման մոդելը և դրա հենքով առաջարկված կարգավորիչը հնարավորություն են տալիս նվազեցնել անցումային երևույթների տևողությունը, ապահովել համակարգի կայունությունը և դրանց արդյունքում կանխել մեխանիկական օղակների վաղաժամ դեֆորմացումն ու ջարդումը:

CAN համակարգի հենքով մշակված ավտոմատացման և հեռակառավարման ապարատածրագրային ապահովման միջոցները հնարավորություն են տալիս բարելավել հարվածային բեռով աշխատող տեխնոլոգիական մեխանիզմների էլեկտրաբանեցման համակարգերի

աշխատանքային ռեժիմները: Նշված արդյունքները ստացվել են Phillip Morris International/Enterprise Incubator Foundation հիմնադրամի շնորհած PHD Support Program Award դրամաշնորհի շրջանակներում:

Հրատարակումները: Կատարված հետազոտությունների հիմնական դրույթներն ու արդյունքները զեկուցվել և քննարկվել են «Էլեկտրատեխնիկա և էլեկտրաբանեցման» ամբիոնի գիտական սեմինարներում և ՀԱՊՀ-ի տարեկան գիտաժողովներում (2017թ., 2020թ.):

Ատենախոսության դրույթներն ու արդյունքներն արտացոլված են հրատարակված 6 աշխատությունում:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը կազմված է ներածությունից, չորս գլխից, եզրակացություններից և օգտագործված գրականության ցանկից: Աշխատանքը շարադրված է 111 էջի վրա, պարունակում է 55 նկար, 2 աղյուսակ և 102 անուն ընդգրկող գրականության ցանկ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներածությունում հիմնավորված է խնդրի արդիականությունը, ձևակերպված են հետազոտման նպատակն ու խնդիրները, ներկայացված են գիտական նորույթը և աշխատանքի կիրառական նշանակությունը, պաշտպանության ներկայացված հիմնական դրույթները, ինչպես նաև ատենախոսության կառուցվածքը:

Առաջին գլխում ուսումնասիրվել են հարվածային բեռով աշխատող տեխնոլոգիական մեխանիզմների կառուցվածքային առանձնահատկություններն ու դրանց էլեկտրաբանեցման հնարավորությունները: Վերլուծվել են հարվածային բեռով էլեկտրաբանեցման համակարգերի աշխատանքային ռեժիմները և առավել հետաքրքրություն ներկայացնող գործոնների վերաբերյալ տրվել են պարզաբանումներ՝ համակարգի բարելավման նպատակով:

Վերլուծվել են հարվածային բեռով աշխատող տեխնոլոգիական մեխանիզմների էլեկտրաբանեցման համակարգերի հետազոտմանը, լավարկմանն ու աշխատանքային ռեժիմների բարելավմանը վերաբերող հայտնի աշխատությունները: Հայտնի աշխատությունների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ դրանցում դիտարկվում են մասնակի հարցեր, որոնք հարվածային բեռով աշխատող էլեկտրաբանեցման համակարգերի բարելավման համալիր լուծման հնարավորություն չեն տալիս:

Հաշվի առնելով, որ հարվածային բեռով աշխատող մեխանիզմների էլեկտրաբանեցումների առավել ծանր աշխատանքային ռեժիմները բնորոշ են

տարատեսակ տեխնոլոգիական գործընթացներում կիրառվող ասինխրոն էլեկտրաբանեցումներին՝ ուրվագծվել են հետազոտմանը և բարելավմանն առնչվող հարցերի շրջանակը:

Հաստատվել է հարվածային բեռով ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի հետազոտման և բարելավման նոր հնարավորությունների բացահայտման և իրականացման անհրաժեշտությունը:

Երկրորդ գլխում դիտարկվել են հարվածային բեռով տարբեր տեխնոլոգիական մեխանիզմների ստեղծած դիմադրող մոմենտների բնութագրերը, արձանագրվել է դրանց որակակական և քանակական ցուցանիշների, ինչպես նաև առաջացրած հետևանքների բազմազանությունը:

Էլեկտրաբանեցման համակարգի համալիր հետազոտման և դրա բարելավման համար դիտարկվել են համակարգի աշխատանքային ռեժիմների վրա ազդող հիմնական գործոնները:

Արձանագրվել է, որ արտադրական ձեռնարկություններում զանազան տեխնոլոգիական մեխանիզմների աշխատանքի ապահովման համար օգտագործվող էլեկտրաբանեցման համակարգի աշխատանքի արդյունավետությունն առավալապես պայմանավորված է տեխնոլոգիական բեռի կողմից ստեղծված դիմադրող մոմենտի փոփոխման բնութագրից: Միաժամանակ դիմադրող մոմենտի պարբերաբար փոփոխությունը զգալի ազդեցություն է ունենում էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի անցումային երևույթների վրա, ինչն էլ իր հերթին ազդում է էլեկտրաշարժիչի աշխատանքային բնութագրերի վրա: Դինամիկական բեռով աշխատող «տեխնոլոգիական մեխանիզմ – էլեկտրաբանեցման շարժիչ» համակարգում առաջանում են տատանումներ, որոնք առավել ինտենսիվանում են անցումային երևույթների ժամանակ և կարող են բացասական ազդեցություն թողնել տեխնոլոգիական գործընթացի վրա: Հարկ է նշել, որ վերջինիս արդյունքում էլեկտրաբանեցման համակարգը կազմող առանձին օղակներ կարող են գերբեռնվել՝ առաջացնելով «տեխնոլոգիական մեխանիզմ - էլեկտրաբանեցման էլեկտրաշարժիչ» համակարգի կապի կոշտության փոփոխում: Արդյունքում ժամանակի ընթացքում համակարգի առաձգական օղակները կարող են դեֆորմացվել, մաշվել կամ ջարդվել՝ հայտնվելով վթարային ռեժիմում և ի վերջո դուրս գալ շարքից:

«Տեխնոլոգիական մեխանիզմ - էլեկտրաբանեցման էլեկտրաշարժիչ» համակարգի շահագործման ժամանակ արատների զարգացման արագությունը պայմանավորված է կառուցվածքային տարրերի ամրությամբ, ակնթարթորեն փոփոխվող բեռով և այլն:

Արձանագրվել են հարվածային բեռով աշխատող էլեկտրաբանեցման համակարգի վաղաժամ վնասումից խուսափելու, ինչպես նաև առաջացող արատների զարգացման արագությունը կանխելուն միտված համակարգի աշխատանքային ռեժիմների բարելավման համար հաշվի առնող հիմնական գործոնները.

- տեխնոլոգիական բեռի կողմից առաջացող դիմադրող մոմենտը,
- մեխանիկական մասի շարժահաղորդման օղակների բնութագրական պարամետրերը,
- էլեկտրաբանեցման համակարգի կարգավորման հնարավորությունները:

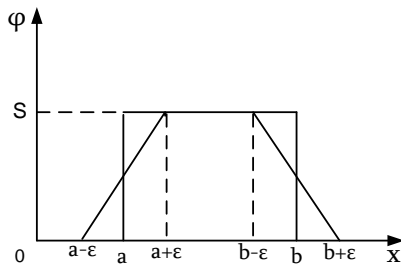
Չարվածային բեռով ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի բարելավման համար ընտրվել են հետևյալ ուղղությունները՝ մեխանիզմի ստեղծած հարվածային բեռի մոմենտի մոդելավորում, ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի հետազոտման իմիտացիոն մոդելի և կարգավորիչի մշակում, միկրոքոնթրոլերային կառավարման համակարգի սկզբունքային սխեմայի մշակում, էլեկտրաբանեցման համակարգի ավտոմատացման և հեռակառավարման ապարատածրագրային ապահովման միջոցների մշակում:

Շրթրդր գլխում Ստացվել են մեխանիզմի ստեղծած հարվածային բեռի մոմենտի բնութագրերի մոտարկման ֆունկցիաներ և իրագործման ալգորիթմ:

Չարվածային բեռի մոմենտի մոտարկող ֆունկցիայի ստացման համար դիտարկվել են մոտարկող ֆունկցիայի տարբեր դեպքերը:

1. Մոտարկող ֆունկցիան անընդհատ է (նկ. 1)

$$\varphi_{[a,b]}(x) = \begin{cases} s, & a < x < b \\ 0, & x \notin (a,b) \end{cases}$$



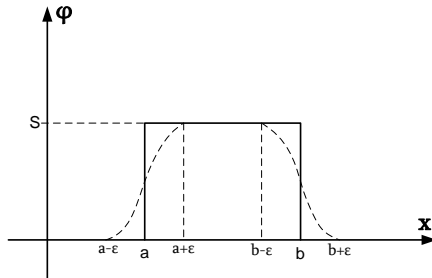
Նկ. 1. Գծային սփռայն

Մոտարկող $\varphi_{[a,b]}$ ֆունկցիայի համար ստացվել է՝

$$\varphi_{[a,b]}^\varepsilon(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a - \varepsilon, \quad x \geq b + \varepsilon \\ \frac{s}{2\varepsilon}(x - (a - \varepsilon)), & a - \varepsilon < x < a + \varepsilon \\ s, & a + \varepsilon \leq x \leq b - \varepsilon \\ \frac{s}{2\varepsilon}(b + \varepsilon - a), & b - \varepsilon < x < b + \varepsilon \end{cases},$$

որտեղ ε -ը՝ կարգավորման պարամետրն է:

2. Մոտարկող ֆունկցիան ունի անընդհատ առաջին կարգի ածանցյալ (նկ.2)



Նկ. 2. Մոտարկող ֆունկցիան ունի անընդհատ առաջին կարգի ածանցյալ

$$\varphi_{[a,b]}^\varepsilon(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a - \varepsilon, \quad x \geq b + \varepsilon, \\ \frac{s}{2\varepsilon^2}(x - (a - \varepsilon))^2, & a - \varepsilon < x < a + \varepsilon, \\ s - \frac{s}{2\varepsilon^2}(x - (a + \varepsilon))^2, & a \leq x < a + \varepsilon, \\ s, & a + \varepsilon \leq x \leq b - \varepsilon, \\ s - \frac{s}{2\varepsilon^2}(x - (b - \varepsilon))^2, & b - \varepsilon < x < b, \\ \frac{s}{2\varepsilon^2}(x - (b + \varepsilon))^2, & b \leq x < b + \varepsilon \end{cases}$$

3. Մոտարկող ֆունկցիան ունի անընդհատ ածանցյալ մինչ երկրորդ կարգը ներառյալ.

$$\varphi_{[a,b]}^{\varepsilon}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a - \varepsilon, \quad x \geq b + \varepsilon, \\ \frac{s}{\varepsilon^3}(x - (a - \varepsilon))^3 - \frac{s}{2\varepsilon^4}(x - (a - \varepsilon))^4, & x \in (a - \varepsilon, a) \\ s + \frac{s}{\varepsilon^3}(x - (a + \varepsilon))^3 + \frac{s}{2\varepsilon^4}(x - (a + \varepsilon))^4, & x \in (a, a + \varepsilon), \\ s, & x \in (a + \varepsilon, b - \varepsilon), \\ s - \frac{s}{\varepsilon^3}(x - (b - \varepsilon))^3 + \frac{s}{2\varepsilon^4}(x - (b - \varepsilon))^4, & x \in (b - \varepsilon, b), \\ -\frac{s}{\varepsilon^3}(x - (b + \varepsilon))^3 - \frac{s}{2\varepsilon^4}(x - (b + \varepsilon))^4, & x \in (b, b + \varepsilon): \end{cases}$$

4. Մոտարկող ֆունկցիան անվերջ դիֆերենցելի է .

$$\begin{aligned} \varphi_{[a,b]}^{\varepsilon}(x) &= (\varphi_{[a,b]} * \Phi_{\varepsilon})(x) = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_{[a,b]}(t) \Phi_{\varepsilon}(x-t) dt = s \int_a^b \Phi_{\varepsilon}(x-t) dt = s \int_{x-b}^{x-a} \Phi_{\varepsilon}(\tau) d\tau \end{aligned}$$

Կատարվել են հետևյալ նշանակումները՝

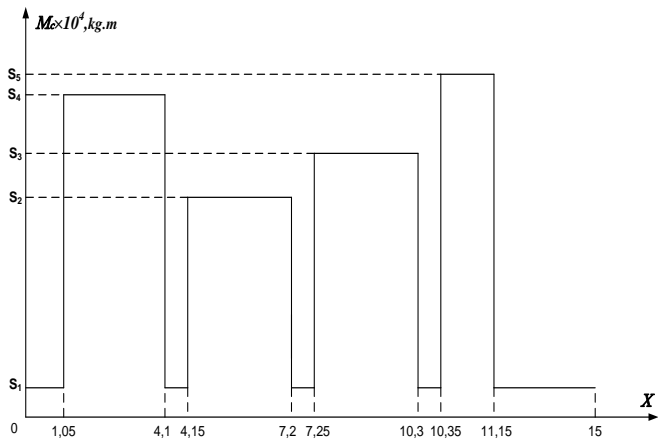
$$\Phi_{\varepsilon}(x) = \frac{1}{\varepsilon} \Phi_1\left(\frac{x}{\varepsilon}\right), \quad \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_1(x) dx = 1 :$$

Ներկայացված բոլոր չորս դեպքում՝

$$\min \varphi_{[a,b]} \leq \varphi_{[a,b]}^{\varepsilon}(x) \leq \max \varphi_{[a,b]},$$

Ստացված մոտարկման ֆունկցիաները փորձարկվել են կոնկրետ օրինակի համար: Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ հայտնի տեխնոլոգիական մեխանիզմներից առավել անկանոն բնույթ ունեն ջարդիչների ստեղծած դիմադրող մոմենտները՝ հետագա դիտարկումներն իրականացվել են դրանց համար:

Նկ. 3 - ում ներկայացված է ջարդիչի դիմադրող մոմենտի փոփոխման տեսքը, որի համար մոտարկող ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը՝



Նկ. 3. Ջարդիչի M_c դիմադրող մոմենտի փոփոխման տեսքը

Դիտարկվող դեպքի համար մոտարկող $M^{\mathcal{E}}(x)$ ֆունկցիան ընդունում է հետևյալ տեսքը՝

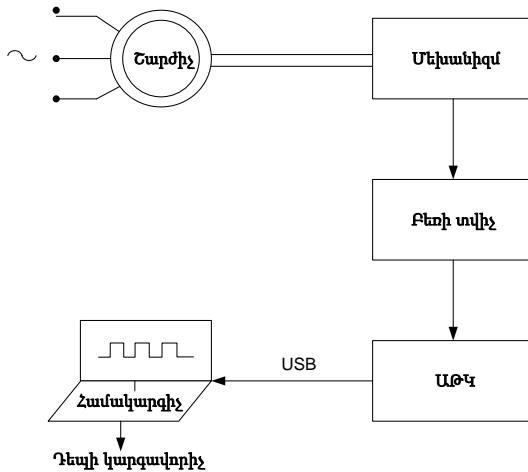
$$M(x)^{\mathcal{E}} = \varphi_{[0,1.05],1}^{\mathcal{E}} + \varphi_{[1.05,4.1],4}^{\mathcal{E}} + \varphi_{[4.1,4.15],1}^{\mathcal{E}} + \varphi_{[4.15,7.2],2}^{\mathcal{E}} + \varphi_{[7.2,7.25],1}^{\mathcal{E}} + \varphi_{[7.25,10.3],3}^{\mathcal{E}} + \varphi_{[10.3,10.35],1}^{\mathcal{E}} + \varphi_{[10.35,11.15],5}^{\mathcal{E}} + \varphi_{[11.15,15],1}^{\mathcal{E}}$$

$M^{\mathcal{E}}(x)$ ֆունկցիայի ձևափոխությունների արդյունքում ստացվում է՝

$$M_c(x) = \varphi_{[0,1.05],1}(x) + \varphi_{[1.05,4.12],4}(x) + \varphi_{[4.12,7.22],2}(x) + \varphi_{[7.22,10.32],3}(x) + \varphi_{[10.32,11.15],5}(x) + \varphi_{[11.15,15],1}(x):$$

Բեռի դիմադրող մոմենտի մոտարկման ֆունկցիայի ստացման և գործնական կիրառման նպատակով մշակվել է կառուցվածքային սխեմա (նկ. 4):

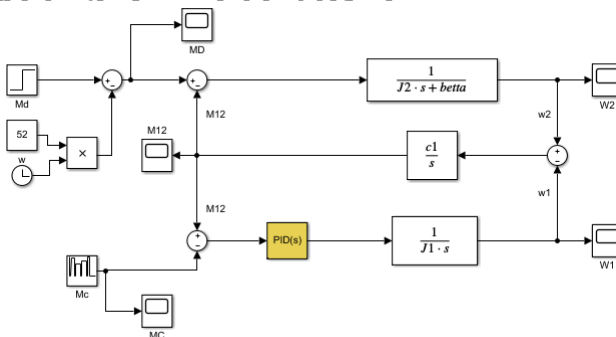
Բեռի մոմենտի տվիչը հանձնարարված հաճախությամբ գրանցած ազդանշանները փոխանցում է անալոգա-թվանշանային կերպափոխիչին (ՄԹԿ), իսկ այնտեղից էլ USB-ի միջոցով՝ համակարգչին, որում վերը նկարագրված մոդելի հիմքով մշակված քունփյութերային ծրագրի միջոցով ստացվում է մոտարկման ֆունկցիան:



Նկ. 4. Բեռի դիմադրող մոմենտի մոտարկման ֆունկցիայի ստացման կառուցվածքային սխեմա

Հաշվի առնելով հարվածային բեռով աշխատող էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի աշխատանքային ռեժիմների հետազոտման արդյունքները, ինչպես նաև, մեր կողմից ստացված մեխանիզմի դիմադրող մոմենտի ֆունկցիոնալ կախվածությունը, MATLAB ծրագրային փաթեթի Simulink միջավայրում մշակվել է մեխանիկական մասի կարգավորման մոդել:

Համակարգի կարգաբերման համար նախագծվել է համամասնական-ինտեգրալ-դիֆերենցիալ (ՀԻԴ) կարգավորիչ (նկ. 5):



Նկ. 5. Հարվածային բեռով ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի կարգավորման մոդել

ՀԻԴ կարգավորիչի փոխանցման ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը՝

$$PID(s) = \frac{30,4094s^2 + 0,21425s + 0,046715}{s}$$

Արդյունքների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ՀԻԴ կարգավորիչի ներմուծման արդյունքում համակարգի աշխատանքային ռեժիմները բարելավվում են (աղյ.1):

Աղյուսակ 1

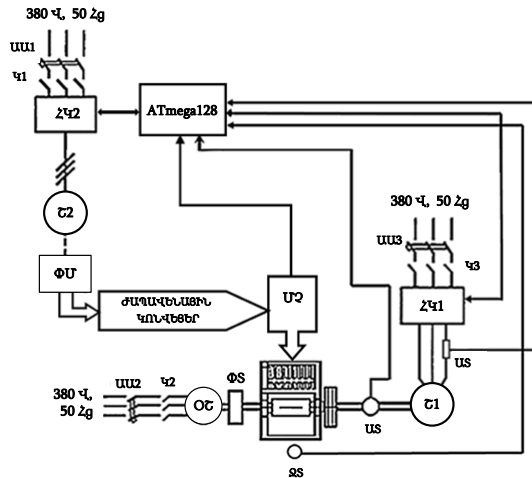
Ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի բնութագրիչ պարամետրերը կապի կոշտության տարբեր արժեքների համար

Կապի կոշտությունը, C_f , կգ.մ/ռադ	Աճման ժամանակը, վրկ	Կայունացման ժամանակը, վրկ	Գերկարգավորումը, %
15000	0.313	1.79	24.7
25500	0.239	2.52	11.1
30000	0.22	2.63	7.99

Ստացված արդյունքները թույլ են տալիս արձանագրել, որ պատահական փոփոխվող հարվածային բեռով աշխատող ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասում կարգավորիչի ներմուծումը հնարավորություն է տալիս նվազեցնել անցումային երևույթների տևողությունը, ապահովել համակարգի կայունությունը և դրանց արդյունքում կանխել մեխանիկական օղակների վաղաժամ դեֆորմացումն ու ջարդումը, ինչպես նաև ստեղծել նախադրյալներ բարձր արդյունավետության ավտոմատացված կառավարման համակարգի ստեղծման համար:

Չորրորդ գլխում մշակվել են պատահական փոփոխվող հարվածային բեռով աշխատող մեխանիզմի ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի ավտոմատացման և հեռակառավարման ապարատածրագրային ապահովման միջոցները, որոնք դիտարկվել են հանքաքարի այտավոր ջարդիչի օրինակի համար: Պատահականորեն փոփոխվող հարվածային բեռով աշխատող տեխնոլոգիական մեխանիզմների կողմից ստեղծվող դիմադրության մոմենտը զգալի ազդեցություն ունի նաև էլեկտրաբանեցման կառավարման համակարգի մշակման և հետագա շահագործման փուլերում: Այն դրսևորվում է որոշակի առանձնահատկություններով, որոնք պետք է պատշաճ կերպով հաշվի առնվեն կառավարման եղանակների ընտրության և կառավարող ալգորիթմների մշակման փուլում, ինչպես նաև դրանց ապարատածրագրային իրականացման ընթացքում: Հաշվի առնելով վերոնշյալը, որպես էլեկտրաբանեցման

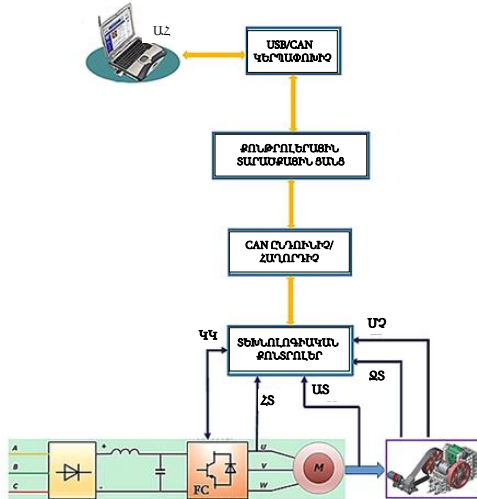
համակարգի կառավարման եղանակ ընտրվել է կառավարումն ըստ օբյեկտի վիճակի: Այտավոր ջարդիչի օրինակի վրա մշակվել են ջարդիչի էլեկտրաբանեցման կառավարման համակարգի ֆունկցիոնալ սխեման և կառավարող ալգորիթմը, որը ներառում է տվիչների անհրաժեշտ հավաքածուն: Ջարդիչի ընդհանուր կառավարումն իրագործվում է ծրագրավորվող ընթացիկներով: Էլեկտրաբանեցման կառավարման համակարգն իրականացվել է Atmega128 միկրոընթացիկների հիման վրա:



Նկ. 6. Այտավոր ջարդիչի ավտոմատացված կառավարման համակարգի ֆունկցիոնալ սխեմա

Համաձայն այտավոր ջարդիչի ֆունկցիոնալ սխեմայի, դրա կառավարման համակարգին ներկայացվող խնդիրների և ավտոմատ կառավարման համակարգի ընտրված տարրերի կազմվել է ջարդման էլեկտրաբանեցման կառավարման համակարգի սկզբունքային սխեման (նկ. 6): Մշակվել է Controller Area Network (CAN) հիման վրա ջարդիչ տեղակայանքի հեռակառավարման միկրոընթացիկներային համակարգի ֆունկցիոնալ սխեման (նկ. 7), որում իրենց լուծումներն են ստացել կառավարման համակարգին ներկայացվող վերոհիշյալ խնդիրները: Ջարդիչի թողարկումը կատարվում է օժանդակ շարժիչի (ՕՇ) օգնությամբ, քանի որ պայմանավորված ջարդիչի մեխանիկական մասի մեծ զանգվածներով, հիմնական M էլեկտրաշարժիչի թողարկման դեպքում հոսանքները տասնյակ անգամ կգերազանցեն թույլատրելի արժեքները: Երբ ՕՇ-ի պտտման հաճախությունը հասնում է 20-30պտ/ր ըստ արագության: ՍՏ տվիչից

ստացված տեղեկատվության տեխնոլոգիական քննարկումը (Technological Controller) արձակում է ազդանշան՝ անջատել ՕՇ-ն և թողարկել M էլեկտրաշարժիչը, որի համաձայն, կատարվում է դրա սահուն թողարկումը հաճախականային կերպափոխիչ FC-ի միջոցով:



Նկ. 7. Ջարդիչի հեռակառավարման ֆունկցիոնալ սխեման

Ջարդիչի արտադրողականությունը կարգավորվում է հոսանքի ՆՏ-ի տվիչի օգնությամբ, իսկ մակարդակի չափիչը ՄՉ-ն, որը տեղակայված է ջարդիչի բունկերի համապատասխան բարձրության վրա հսկում է ելանյութի մակարդակը և կանխարգելում ջարդիչի գերլցումը: Եթե հանքանյութի մակարդակը բունկերում սկսում է նվազել, ՄՉ-ն ազդանշան է տալիս տեխնոլոգիական քննարկումին, որն էլ իր հերթին համապատասխան ազդանշանով մեծացնում է կոնվեյերի արագությունը, հակառակ դեպքում՝ դանդաղեցնում: Մշակված հեռակառավարման ֆունկցիոնալ սխեման թույլ է տալիս ջարդման համալիրում տեխնոլոգիական, անվտանգության և էլեկտրական սարքավորումները և հեռահաղորդակցության սարքերը համատեղել մեկ միասնական համակարգում, որը հանդիսանալով ընդլայնված հնարավորություններով հերթապահ համակարգ ապահովում է ողջ տեխնոլոգիական գծի բարձր արտադրողականությունն ու արդյունավետությունը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

1. Հարվածային բեռով աշխատող տեխնոլոգիական մեխանիզմների, դրանց էլեկտրաբանեցման համակարգերի հետազոտմանը, լավարկմանը և կառավարմանը նվիրված հայտնի աշխատությունների վերլուծության արդյունքում հիմնավորվել են հարվածային բեռով էլեկտրաբանեցման համակարգի բարելավման առաջնահերթությունը և դրա իրականացման հնարավորությունները:

2. Հարվածային բեռով ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի անխափան շահագործման անհրաժեշտությունից ելնելով, աշխատանքային ռեժիմների վրա ազդող հիմնական գործոնների գնահատման և վերլուծության միջոցով հիմնավորվել են էլեկտրաբանեցման համակարգի աշխատանքի բարելավման համար հետաքրքրություն ներկայացնող գործոնները:

3. Ֆունկցիայի կարգավորելիության հենքով տարատեսակ բնութագրերով հարվածային բեռով մեխանիզմների համար մշակվել և գործածման համար առաջարկվել են հարվածային մեխանիզմների ստեղծած դիմադրող մոմենտի մոտարկման ֆունկցիաներ, որոնք հնարավորություն են տալիս բարձր ճշտությամբ գնահատել տարբեր հարվածային մեխանիզմների ստեղծած մոմենտների փոփոխման բնութագրերը: Առաջարկվել է դիմադրող մոմենտի մոտարկման ֆունկցիայի ստացման գործնական կիրառման ալգորիթմ:

4. Մշակվել է հարվածային բեռով ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի հետազոտման մոդել: Գնահատվել են անցումային բնութագրերը և բացահայտվել կայուն ռեժիմ մտնելու ժամանակի վրա ազդող գործոնները:

5. Մշակվել է ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի կարգավորման մոդել՝ MATLAB ծրագրային փաթեթի Simulink միջավայրում: Սյուսվոր ջարդիչի էլեկտրաբանեցման համակարգի օրինակի վրա դիտարկվել է առաջարկված ՀԻԴ կարգավորիչով և առանց կարգավորիչի համակարգի մեխանիկական մասի առաձգական տարրի բեռի մոմենտի բնութագրերը, ինչպես նաև անցումային երևույթների կորերը: Հիմնավորվել է ՀԻԴ կարգավորիչի կիրառման անհրաժեշտությունը հարվածային բեռով էլեկտրամեխանիկական համակարգի աշխատանքային ռեժիմների բարելավման համար:

6. Controller Area Network (CAN) համակարգի հիման վրա մշակվել են պատահական փոփոխվող հարվածային բեռով աշխատող մեխանիզմի էլեկտրաբանեցման համակարգի ավտոմատացման և հեռակառավարման ապարատածրագրային ապահովման միջոցներ, որոնք դիտարկվել են

հանքաքարի ջարդիչի օրինակի համար: Էլեկտրաբանեցման համակարգի ավտոմատ կառավարման համակարգն իրականացված է ժամանակակից բարձր արտադրողականությամբ Atmega128 միկրոքոնթրոլերների հիման վրա:

7. Այտավոր ջարդիչի ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի համար մշակվել են հեռակառավարման ֆունկցիոնալ և սկզբունքային սխեմաներ, որոնք հնարավորություն են տալիս ապահովել էլեկտրաբանեցման ավտոմատ կառավարման համակարգի կապակցումն արտաքին սերվերի հետ:

Ատենախոսության թեմայով հրատարակվել են հետևյալ աշխատությունները

1. Հակոբյան Ս.Է. Այտավոր ջարդիչի միկրոքոնթրոլերային կառավարման համակարգ // ՀԱՊՀ Լրաբեր գիտական հոդվածների ժողովածու. - 2018. - մաս 3. - էջ 706-711:

2. Baghdasaryan M.K., Sargsyan S.V., Hakobyan T.E. A Research Model for the Operating Modes of the Mechanical Part of the Ore Crusher Electrical Drive System // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. - 2019. -№ 11–12. - P. 52-61.

3. Baghdasaryan M.K., Hakobyan T.E. Model for Regulating the Mechanical Part of an Asynchronous Electrical Drive Under Percussive Load // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. - 2020. -Vol. 12. - P. 538-551. (Scopus)

4. Hakobyan T.E. Hardware and software implementation of induction electric drive control with the percussive application of a load // Proceedings of NPUA: Electrical Engineering, Energetics. - 2020. - №1. - P. 44-54.

5. Hakobyan T.E. Development of hardware and software for remote control of electromechanical systems working with percussive application of a load// Proceedings of NPUA: Electrical Engineering, Energetics. - 2020. - №2. - P. 53-62.

6. Հակոբյան Ս.Է. Արտադրական մեխանիզմների էլեկտրաբանեցումների տարբեր տեսակի բեռերի հաշվառման հայտնի եղանակների և մոդելավորման վերլուծություն// ՀՀԱ Լրաբեր. – 2020. – հատ. 17, №2. – էջ 182-187:

АКОПЯН ТИГРАН ЭДУАРДОВИЧ

УЛУЧШЕНИЕ СИСТЕМЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УДАРНОЙ НАГРУЗКОЙ

РЕЗЮМЕ

Асинхронным двигателям электроприводов свойственны невысокие энергетические показатели, в частности, низкие коэффициент мощности и перегрузочная способность. Упругие звенья механической части системы электропривода с ударной нагрузкой подвергаются механическим ударам, изменяющимся с определенной частотой, которые приводят к разрушению и износу конструктивных узлов системы, а также препятствуют его устойчивой работе.

Анализ работ, посвященных асинхронным электроприводам с ударной нагрузкой, показал, что в них рассматриваются отдельные вопросы. Кроме того, не учитываются характеристики изменения нагрузки, возможности смягчения ударных воздействий и удаленного управления.

Учитывая специфичные условия эксплуатации асинхронных систем электропривода, работающих с ударной нагрузкой, показана необходимость рассмотрения проблемы улучшения их рабочих режимов с точки зрения обеспечения действий, направленных на смягчение ударов в механической части и создаваемых этим нежелательных процессов, что является актуальной задачей.

Вышесказанное возможно реализовать путем получения и применения аппроксимирующих функций, характеризующих изменения момента сопротивления, а также путем разработки регулятора, смягчающего ударные воздействия, и внедрения аппаратно-программных средств удаленного управления.

Цель работы. Целью диссертации является улучшение рабочих режимов системы асинхронного электропривода, работающего с ударной нагрузкой, с использованием регулятора, направленного на смягчение ударного воздействия на механическую часть системы, а также аппаратно-программных средств автоматизации и удаленного управления.

Научная новизна

1. Получены аппроксимирующие функции, характеризующие изменения момента сопротивления, создаваемого ударной нагрузкой технологического механизма, которые дают возможность с большой точностью оценить моменты, создаваемые ударными механизмами. Предложен алгоритм практического применения для получения аппроксимирующей функции момента сопротивления.

2. Разработана модель для исследования рабочего состояния механической части системы асинхронного электропривода, работающего с ударной нагрузкой. На основе детального анализа полученных результатов предложена регулировочная модель, которая дает возможность улучшить рабочие режимы системы.

3. На основе Controller Area Network (CAN) разработаны аппаратно-программные средства автоматизации и удаленного управления системой асинхронного

электропривода, работающего с ударной нагрузкой, которые испытаны на примере дробильного механизма.

4. На основе CAN разработаны функциональная и принципиальная схемы комплекса электропривода дробилки.

Основные выводы

1. На основе анализа работ, посвященных исследованию, улучшению и управлению системами электроприводов технологических механизмов, работающих с ударной нагрузкой, обоснованы первоочередность улучшения электроприводов с ударной нагрузкой и возможности его реализации.

2. Исходя из необходимости бесперебойной эксплуатации системы асинхронного электропривода, работающего с ударной нагрузкой, обоснованы факторы, влияющие на его рабочие режимы, которые представляют интерес для улучшения работы системы электропривода.

3. Для механизмов с различными характеристиками ударной нагрузки на основе функции регуляризации разработаны аппроксимирующие функции момента сопротивления, создаваемого ударными механизмами, которые позволяют с большой точностью оценить характеристики изменения моментов, создаваемых различными ударными механизмами. Предложен алгоритм для практического применения процесса получения аппроксимирующей функции момента сопротивления.

4. Разработана модель исследования механической части системы асинхронного электропривода с ударной нагрузкой. Проанализированы кривые переходных процессов и выявлены факторы, влияющие на время вхождения системы в режим устойчивой работы.

5. В среде Simulink программного пакета MATLAB разработана регулировочная модель механической части системы асинхронного электропривода. На примере системы электропривода щековой дробилки рассмотрена характеристика момента нагрузки упругого элемента механической части системы с предложенным пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) регулятором и без него. Обоснована необходимость применения ПИД регулятора для улучшения рабочих режимов электромеханической системы.

6. На основе CAN разработаны аппаратно-программные средства автоматизации и удаленного управления системой электропривода механизма, работающего со случайно изменяющейся нагрузкой, которые испытаны на примере дробилки. Система автоматического управления электроприводом реализована на основе современного высокопроизводительного микроконтроллера Atmega128.

7. Для системы асинхронного электропривода щековой дробилки разработаны функциональная и принципиальная схемы удаленного управления, обеспечивающие связь системы автоматического управления электропривода с внешним сервером.

TIGRAN HAKOBYAN

**IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE
WITH A PERCUSSIVE LOAD**

SUMMARY

Asynchronous motors of electric drives are not characterized by high energy indicators, in particular, low efficiency, power factor and overload capacity. The elastic links of the mechanical part of the electric drive system operating with a percussive load are subjected to mechanical shocks that change with a certain frequency, which lead to the destruction and wear of the structural components of the system, as well as prevent its stable operation. The analysis of the works related to the operation of asynchronous electric drives with percussive load showed that they consider certain specific issues and, in addition, do not take into account the characteristics of load changes, the possibility of mitigating percussive impacts and do not have the possibility for remote control. Given the specific operating conditions of asynchronous electric drive systems operating with a percussive load, the task of improving their operating modes should be considered from the point of view of ensuring actions aimed at mitigating of shocks in the mechanical part and the undesirable processes created by this, which is an urgent task of scientific and technical interest. The above can be implemented by obtaining and applying approximating functions that characterize changes in the torque of resistance, developing a regulator that softens percussive impacts, as well as by implementing hardware and software tools for remote control.

Purpose of the work. The purpose of the dissertation is to improve the operating modes of the asynchronous electric drive system operating with a percussive load by introducing a regulator aimed at mitigating the impact on the mechanical part of the system, and hardware and software remote control means.

Scientific novelty

1. Approximate functions are obtained that characterize the changes in the torque of resistance created by the load side of the technological mechanism, which make it possible to estimate the torques created by the impact mechanisms with great accuracy. An algorithm of practical application for obtaining the approximate function of the torque of resistance is proposed.

2. A model has been developed to study the working state of the mechanical part of an asynchronous electric drive system operating with a percussive load. Based on a detailed analysis of the results obtained, the adjustment model is proposed, which makes it possible to improve the operating modes of the system.

3. Based on the Controller Area Network (CAN), hardware and software automation tools and remote control of the asynchronous electric drive system operating with a

percussive load are developed, which are tested on the example of a crushing mechanism.

4. On the basis of the Controller Area Network (CAN), the functional and schematic diagrams of the electric drive complex of the crusher are developed.

Main conclusions

1. Based on the analysis of well-known works devoted to the research, improvement and management of electric drive systems of technological mechanisms operating with percussive load, the priority of improving electric drives operating with percussive load and the possibility of its implementation are justified.

2. Based on the need for uninterrupted operation of the asynchronous electric drive system operating with a percussive load, by evaluating and analyzing the factors affecting its operating modes, the factors that are of interest for improving the operation of the electric drive system are justified.

3. For mechanisms with different percussive load characteristics, on the basis of the regularization function, approximating functions of the torque of resistance created by shock mechanisms are developed and proposed for use, which allow us to estimate with great accuracy the characteristics of the change in the torques created by different shock mechanisms. An algorithm for the practical application of the process of obtaining the approximate function of the torque of resistance is proposed.

4. A model for studying the mechanical part of an asynchronous electric drive system with a percussive load is developed. The transient curves are analyzed and the factors influencing the time of the system entering the stable operation mode are identified.

5. In the Simulink environment of the MATLAB software package, a regulating model of the mechanical part of the asynchronous electric drive system has been developed. On the example of an electric drive system of a jaw crusher, the characteristic of the load torque of an elastic element of the mechanical part of the system with and without the proposed PID controller is considered. The necessity of using the PID controller to improve the operating modes of the electromechanical system is justified.

6. Based on the Controller Area Network (CAN), hardware and software automation and remote control systems for the electric drive of a mechanism operating with a randomly changing load are developed, considered on the example of a crusher. The automatic control system of the electric drive is implemented on the basis of a modern high-performance microcontroller Atmega128.

7. For the asynchronous electric drive system of the jaw crusher, a functional and schematic diagram of remote control has been developed to ensure the connection of the automatic control system of the electric drive with an external server.

M. Zulyafullin