

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՄԱՐԳԻՍ ՎԱԼԵՐԻԻ ՄԱՐԳՍՅԱՆ

**ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՄՈՆԻԹՈՐԻՆԳԻ ՄՈԴԵԼԻ
ՄՇԱԿՈՒՄԸ ՀԱՆՔԱՔԱՐԻ ՄԱՆՐԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ԳՈՐԾԸՆԹԱՅՈՒՄ**

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

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Դ

ԵՐԵՎԱՆ 2020

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

САРГСЯН САРГИС ВАЛЕРИЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУДЫ**

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 2020


Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում (ՀԱՊՀ)

Գիտական ղեկավար՝ ու. գ. դ. Մ.Ք. Բաղդասարյան
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ ու. գ. դ. Բ.Մ. Մամիկոնյան
ու. գ. թ. Է.Ա. Հակոբյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ «Էներգետիկայի գիտահետազոտական ինստիտուտ» ՓԲԸ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2020թ. օգոստոսի 19-ին, ժամը 11⁰⁰ -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 2020թ. հուլիսի 8-ին:


Մասնագիտական խորհրդի
Գիտական քարտուղար,  Ա.Լ. Մայիլյան
ու.գ.թ.

Тема диссертации утверждена в Национальном политехническом университете
Армении (НПУА)

Научный руководитель: д.т.н. М.К. Багдасарян
Официальные оппоненты: д.т.н. Б.М. Мамиконян
к.т.н. Э.А. Акопян
Ведущая организация: ЗАО “Научно-исследовательский институт
энергетики”

Защита диссертации состоится 19-го августа 2020г. в 11⁰⁰ 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 8-го июля 2020г.

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

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՆԿԱՐԱԳԻՐԸ

Թեմայի արդիականությունը: Տեխնոլոգիական սարքավորումների աշխատանքի արդյունավետության և հուսալիության բարձրացման կարևոր պայմաններից են դրանց շահագործման ժամանակ առաջացած մերժումների ժամանակին բացահայտումն ու նախագուշացումը: Դրանք հնարավոր է իրականացնել սարքավորումների աշխատանքային վիճակի համալիր մոնիթորինգի միջոցով: Տեխնոլոգիական գործընթացներն ապահովող սարքավորումների աշխատանքային վիճակի մասին ժամանակին բացահայտված ստույգ տեղեկատվությունը կարող է կանխել գործընթացում օգտագործվող սարքավորումների և դրանց առանձին տարրերի ոչ պլանային վերանորոգումները, պրոֆիլակտիկ միջոցառումները, կարգաբերումները, որոնք նպաստում են արտադրական գործընթացի շահութաբերության անկմանն ու էլեկտրաէներգիայի անհարկի ծախսերին: Տեխնոլոգիական սարքավորումները հիմնականում շահագործման մեջ են դրվում էլեկտրատեխնիկական համակարգերի, մասնավորապես՝ էլեկտրաբանեցման շարժիչների միջոցով: Առանձին դեպքերում տեխնոլոգիական մեխանիզմները շահագործման մեջ են դրվում հզոր էլեկտրատեխնիկական համակարգերի կիրառմամբ, որոնք մշտապես աշխատում են արտաքին միջավայրի ծանր պայմաններում և պատահականորեն փոփոխվող բեռի ազդեցության ներքո: Մեծաթիվ են այն տեխնոլոգիական գործընթացները, որոնց համար սարքավորումների աշխատանքային վիճակի մոնիթորինգը և հսկումը տեխնոլոգիական գործընթացի տեխնիկական շահագործման կարևոր մասն են կազմում: Այդ գործընթացներից է հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացը, որը հանքաքարի խտանյութի ստացման հիմնական տեխնոլոգիական փուլն է:

Հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող հիմնական էլեկտրատեխնիկական համակարգերն ասինխրոն և սինխրոն էլեկտրաբանեցումներն են, որոնք իրենցից ներկայացնում են դինամիկ ռեժիմում աշխատող բարդ համակարգեր՝ կազմված առանձին մեխանիզմների փոխկապակցված էլեկտրամեխանիկական համակարգերից: Այդ գործընթացում օգտագործվող էլեկտրական համակարգերն աշխատում են բարձր խոնավության և փոշու միջավայրում, ինչը ծանր պայմաններ է ստեղծում դրանց շահագործման համար:

Հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական սարքավորումների աշխատանքային վիճակների մոնիթորինգին նվիրված հայտնի աշխատությունները հիմնականում վերաբերում են առանձին մասնակի դեպքերին: Այդ մեթոդների անհատական կիրառման միջոցով հնարավոր չէ

ապահովել մանրացման տեխնոլոգիական սարքավորումների շահագործման բարձր արդյունավետություն: Հաշվի առնելով հանքաքարի մանրացման գործընթացում օգտագործվող էլեկտրասարքավորումների շահագործման առանձնահատուկ պայմանները, դրանց աշխատանքային վիճակների մոնիթորինգի խնդիրն անհրաժեշտ է դիտարկել շահագործման ծախսերի, սպասարկման աշխատատարության, ինչպես նաև սարքավորումների վերանորոգման աշխատանքներով պայմանավորված պարապուրդների նվազեցման տեսանկյունից, ինչը գիտատեխնիկական հետաքրքրություն ներկայացնող արդիական խնդիր է: Վերջինս հնարավոր է իրականացնել մոնիթորինգին, հսկմանը և արատորոշմանը վերաբերող հայտնի նյութերի կիրառման, նոր հնարավորությունների բացահայտման և նոր մոդելների առաջադրման ճանապարհով:

Աշխատանքի նպատակը: Ատենախոսության նպատակը հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող սինխրոն և ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգերի մոնիթորինգի մոդելի մշակումն է դրանց շարժահաղորդման հանգույցների, փաթույթների էլեկտրամեկուսացման վիճակի և շարժիչի բնութագրական պարամետրերի վարքի փոփոխությունների գնահատման միջոցով:

Աշխատանքում առաջադրված նպատակն իրագործելու համար լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- մանրացման գործընթացում օգտագործվող տեխնոլոգիական սարքավորումների աշխատանքի վրա ազդող գործոնների վերլուծություն,
- էլեկտրատեխնիկական համակարգերի մոնիթորինգի հայտնի մեթոդների վերլուծություն,
- հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրաբանեցման շարժիչների տեխնիկական մոնիթորինգի կազմակերպման ուղիների գնահատում,
- էլեկտրաշարժիչի փաթույթի էլեկտրական մեկուսացման վիճակի գնահատման ալգորիթմի մշակում,
- անցումային երևույթներում էլեկտրաբանեցման շարժիչի աշխատանքային բնութագրերի վարքի փոփոխման գնահատման մոդելի մշակում,
- «էլեկտրաբանեցման շարժիչ - տեխնոլոգիական մեխանիզմ» համակարգի աշխատանքային բնութագրերի փոփոխության վիճակագրական վերլուծություն,
- էլեկտրատեխնիկական համակարգերի մոնիթորինգի իրագործման կառուցվածքային սխեմայի և ալգորիթմի մշակում:

Գիտական նորույթ

1. Մշակվել է խոնավ պայմաններում աշխատող էլեկտրաշարժիչի փաթույթի մեկուսչի տեխնիկական վիճակի փոփոխության ուսումնասիրման ալգորիթմ, որը հնարավորություն է տալիս հետևել և բացահայտել մեկուսչի որակի փոփոխությունը, դրանով իսկ կանխել մեկուսչի վաղաժամ ծակումը:

2. Մշակվել են ասինխրոն և սինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգերի մեխանիկական մասի աշխատանքային վիճակի մոնիթորինգի մոդելներ, որոնք հնարավորություն են տալիս շարժահաղորդման օղակի կապի կոշտության տարբեր արժեքների դեպքում գնահատել հաճախային բնութագրերի փոփոխությունը MATLAB ծրագրային փաթեթի Simulink միջավայրում:

3. Մշակվել է մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրատեխնիկական համակարգերի աշխատանքային բնութագրերի հսկման ալգորիթմ, որը թույլ է տալիս Շուխարտի մեթոդի կիրառմամբ քարտեզագրել համակարգի տարբեր օղակների աշխատանքային բնութագրերը և դրանց վիճակագրական վերլուծման արդյունքում ապահովել համակարգի առանձին հանգույցների մոնիթորինգը:

4. Մշակվել են մոնիթորինգի իրագործման կառուցվածքային սխեմա և ալգորիթմ, որոնք հնարավորություն են տալիս տեխնոլոգիական և էներգետիկական գործոնների հաշվառմամբ ապահովել մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրամեխանիկական համակարգերի աշխատանքային վիճակի համալիր մոնիթորինգ:

Պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները

1. Հանքաքարի մանրացման գործընթացում օգտագործվող էլեկտրաբանեցման համակարգերի մեխանիկական մասի աշխատանքային վիճակի մոնիթորինգի մոդելը:

2. Էլեկտրաշարժիչի ֆազերում ոչ սիմետրիկ ռեժիմների բացահայտման մոտեցումը:

3. Հանքաքարի մանրացման գործընթացում օգտագործվող էլեկտրամեխանիկական համակարգի տարբեր օղակների աշխատանքային բնութագրերի քարտեզագրման ալգորիթմը:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:

Վերականգնվող լարման մեթոդի և աբսորբման հոսանքի գործակցի միջոցով շարժիչի փաթույթի մեկուսչի տեխնիկական վիճակի փոփոխության դինամիկայի ուսումնասիրման ալգորիթմը հնարավորություն է տալիս գնահատել խոնավ պայմաններում աշխատող տարատեսակ էլեկտրաշարժիչների փաթույթների էլեկտրական մեկուսացման վիճակի փոփոխման վարքը, դրանով իսկ կանխել մեկուսչի վաղաժամ ծակումը:

Ասինխրոն և սինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգերի մեխանիկական մասի աշխատանքային վիճակի մոնիթորինգի մոդելները հնարավորություն են տալիս MATLAB ծրագրային փաթեթի Simulink միջավայրում գնահատել տարատեսակ տեխնոլոգիական գործընթացներում օգտագործվող էլեկտրաբանեցման համակարգերի ամպլիտուդահաճախային և ֆազահաճախային բնութագրերի փոփոխությունները շարժահաղորդման օղակի կապի կոշտության տարբեր արժեքների դեպքում և դրա արդյունքում կանխել անցանկալի երևույթների առաջացումը:

Տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրամեխանիկական համակարգի աշխատանքային բնութագրերի փոփոխության քարտեզագրման ալգորիթմը կարելի է կիրառել տարբեր նշանակության էլեկտրամեխանիկական համակարգերի աշխատանքային բնութագրերի փոփոխության վարքի վերլուծության և դրանց համալիր մոնիթորինգի համար:

Հրապարակումները: Կատարված հետազոտությունների հիմնական դրույթներն ու արդյունքները զեկուցվել և քննարկվել են «Էլեկտրական մեքենաներ և ապարատներ» ամբիոնի գիտական սեմինարներում և ՀԱՊՀ-ի տարեկան գիտաժողովում (2017թ.),

Ատենախոսության դրույթներն ու արդյունքներն արտացոլված են հրատարակված 8 աշխատությունում:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը կազմված է ներածությունից, չորս գլխից, եզրակացություններից և օգտագործված գրականության ցանկից: Աշխատանքը շարադրված է 127 էջի վրա, պարունակում է 79 նկար, 13 աղյուսակ և 95 անուն ընդգրկող գրականության ցանկ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներածությունում հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են հետազոտման նպատակը և խնդիրները, ներկայացված են գիտական նորույթը և աշխատանքի կիրառական նշանակությունը, ինչպես նաև պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

Առաջին գլխում վերլուծվել են մանրացման գործընթացում օգտագործվող տեխնոլոգիական սարքավորումների աշխատանքի վրա ազդող գործոնները: Կատարված վերլուծությունը թույլ է տալիս հիմնավորել հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրատեխնիկական համակարգերի մոնիթորինգի իրականացման և հսկման համար թիրախային էլեկտրասարքավորումները և դրանց աշխատանքային բնութագրերի վրա ազդող հիմնական գործոնները: Արձանագրվել է, որ

մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող տարատեսակ և տարաբնույթ համակարգերից, մոնիթորինգի համար առավել հետաքրքրություն է ներկայացնում էլեկտրաբանեցման համակարգը՝ դրանում ներառված շարժիչով, մեխանիկական, կառավարման և ուժային մասերով:

Վերլուծվել են հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրատեխնիկական համակարգերի մոնիթորինգի հայտնի մեթոդները: Բացահայտվել է, որ մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացի էլեկտրասարքավորումների համար հայտնի մեթոդների կիրառումը աննպատակահարմար է և առաջարկվել է տեխնոլոգիական սարքավորումների աշխատանքային վիճակների մոնիթորինգի խնդիրը դիտարկել շահագործման ծախսերի, ինչպես նաև էլեկտրասարքավորումների վերանորոգման աշխատանքներով պայմանավորված պարապորդների նվազեցման տեսանկյունից:

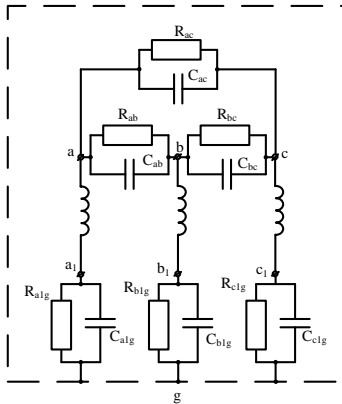
Հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրատեխնիկական համակարգերի մոնիթորինգի մոդելի մշակման համար ընտրվել են հետևյալ ուղղությունները. էլեկտրաշարժիչի փաթույթների էլեկտրական մեկուսացման վիճակի հսկման ալգորիթմի մշակում, էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի շարժահաղորդման օղակներում առաջացող տատանումների վարքի գնահատում, էլեկտրաբանեցման շարժիչի բնութագրական պարամետրերի հետազոտման մոդելների մշակում, էլեկտրամեխանիկական համակարգի աշխատանքային բնութագրերի քարտեզագրման և մոնիթորինգի իրագործման ալգորիթմների մշակում:

Երկրորդ գլխում մշակվել է հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրաբանեցման շարժիչի փաթույթների մեկուսացման վիճակի գնահատման ալգորիթմ և աշխատանքային բնութագրերի վարքի փոփոխման մոնիթորինգի մոդել:

Շարժիչի փաթույթի մեկուսչի որակի գնահատման համար կիրառվել է վերականգնվող լարման մեթոդը, որը հնարավորություն է տալիս որոշել դիէլեկտրական արտոբման գործակիցը, մեկուսացման ժամանակի հաստատունը, մեկուսացման դիմադրությունը և դրանցով իսկ առավել վաղ ժամանակում բացահայտել մեկուսչի որակական փոփոխությունները: Առաջարկվող ալգորիթմով փորձնական ուսումնասիրությունները կատարվել են АОЛ 011-2 տեսակի կարճ փակված ռոտորով եռաֆազ ասինխրոն շարժիչի վրա:

Նկ. 1-ում բերված է եռաֆազ էլեկտրաշարժիչի փաթույթի մեկուսացման համակարգի համարժեք սխեման, որտեղ C_{ab}, C_{bc}, C_{ac} - և ունակություններն են համապատասխանաբար ab, bc և ac ֆազերի փաթույթների միջև,

$C_{a1g}, C_{b1g}, C_{c1g}$ -ն ունակություններն են համապատասխանաբար a, b և c ֆազերի փաթույթների և իրանի միջև, R_{ab}, R_{bc}, R_{ac} -ն Ֆազերի միջև մեկուսացման դիմադրություններն են, $R_{a1g}, R_{b1g}, R_{c1g}$ -ն՝ մեկուսացման դիմադրությունները համապատասխանաբար a, b և c ֆազերի փաթույթների և իրանի միջև:



Նկ. 1. Եռաֆազ էլեկտրաշարժիչի փաթույթի մեկուսացման համակարգի համարժեք սխեմա

Փորձական արդյունքներով ստացված տվյալները շարժիչի Ֆազերի և իրանի, ինչպես նաև ֆազերի միջև համապատասխանաբար բերված են աղյ. 1 և 2-ում:

Աղյուսակ 1

Ֆազերի և իրանի միջև մեկուսացման ունակության և դիմադրության փորձական և հաշվարկային արդյունքները

Ունակություն	$C, \mu\text{F}$	$U_{\text{ն}}, \text{V}$	$U_{\text{վր}}, \text{V}$	$U_{\text{լթ}}, \text{V}$	$t_1, \mu\text{s}$	$t_2, \mu\text{s}$	K	$R_{\text{մեկ}}, \text{Ohm}$
C_{ag}	313,7	500	180	60	11,28	157,44	0,36	$4,24 \cdot 10^{11}$
C_{bg}	271,0	500	170	60	8,79	94,58	0,34	$3,04 \cdot 10^{11}$
C_{cg}	275,0	500	175	60	11,45	106,15	0,35	$3,22 \cdot 10^{11}$

Աղյուսակ 2

Ֆազերի միջև մեկուսացման ունակության և դիմադրության փորձնական և հաշվարկային արդյունքները

Ունակություն	C, պՅ	U _ն , Վ	U _{դր} , Վ	U _{լր} , Վ	t ₁ , վրկ	t ₂ , վրկ	K	R _{նեկ} , Օհմ
C _{ab}	240	500	210	60	7,55	75,42	0,42	2,26·10 ¹¹
C _{ac}	231	500	225	60	8,79	112,46	0,45	3,40·10 ¹¹
C _{bc}	171	500	175	60	9,22	70,07	0,35	3,32·10 ¹¹

Նկատի ունենալով, որ հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրատեխնիկական համակարգերն աշխատում են խոնավ միջավայրում, դիտարկվել է էլեկտրաշարժիչի փաթույթների էլեկտրական մեկուսացման տեխնիկական վիճակի փոփոխման վարքը հարաբերական խոնավության տարբեր արժեքների և տևողության դեպքում (աղյ. 3):

Աղյուսակ 3

Ֆազերի և իրանի միջև ունակության փորձնական և հաշվարկային արդյունքները հարաբերական խոնավության տարբեր արժեքների դեպքում

U _լ =500 Վ, T=26,5 °C, P=38%, t=0 ժամ						
փաթույթ	U _{լր} , Վ	U _{լր} , Վ	t ₁ , վրկ	t ₂ , վրկ	C, պՅ	tgδ
ag	210	60	8,49	143	294,81	0,03067
bg	205	60	7,78	94,66	254,67	0,03042
cg	205	60	8,5	169,24	258,49	0,02975
P=85%, t=20 ժամ						
ag	175	50	6,78	79,37	305,05	0,04512
bg	130	30	3,76	39,23	264,51	0,04722
cg	230	70	5,24	143,63	268,70	0,04702
P=92%, t=66 ժամ						
ag	12	2	3,27	22,65	355,72	0,14115
bg	13	2	2,25	14,85	317,71	0,15960
cg	60	10	3,25	43,18	316,80	0,15290

Ինչպես երևում է աղյուսակից, փաթույթի մեկուսացման շերտի խոնավության բարձրացմանը զուգընթաց ունակությունը և դիէլեկտրական կորուստների անկյան տանգենսը մեծանում են: Քանի որ ջրի դիէլեկտրական թափանցելիությունը $\varepsilon = 80$, ապա խոնավության մեծացումը մի կողմից բերում

Է փաթույթի մեկուսացման դիէլեկտրական թափանցելիության մեծացմանը, հետևաբար նաև ունակության մեծացմանը, մյուս կողմից՝ մեծանում է մեկուսացման հաղորդականության ակտիվ բաղադրիչը, ինչը մեծացնում է դիէլեկտրական կորուստները:

Որոշվել է նաև դիէլեկտրական արտաբնական (K) գործակիցը, մեկուսացման դիմադրության ($R_{մեկ}$) և ժամանակի հաստատունը (τ), (աղյ. 4):

Աղյուսակ 4

Դիէլեկտրական արտաբնական գործակիցը, մեկուսացման դիմադրությունը և ժամանակի հաստատունը հարաբերական խոնավության տարբեր արժեքների դեպքում

փաթույթ	$R_{մեկ}$, <i>Ohm</i> , $P = 38\%$	$R_{մեկ}$, <i>Ohm</i> , $P = 85\%$	$R_{մեկ}$, <i>Ohm</i> , $P = 92\%$	τ , <i>վրկ</i> / K $P = 38\%$	τ , <i>վրկ</i> / K $P = 85\%$	τ , <i>վրկ</i> / K $P = 92\%$
	ազ	3,64·10 ¹¹	1,90·10 ¹¹	3,04·10 ¹⁰	107 / 0,42	48 / 0,35
բզ	2,78·10 ¹¹	9,15·10 ¹⁰	2,12·10 ¹⁰	85 / 0,41	24 / 0,26	6 / 0,026
զգ	4,87·10 ¹¹	4,33·10 ¹¹	7,03·10 ¹⁰	173 / 0,41	138 / 0,46	22 / 0,12

Մեկուսացման դիմադրությունը սկսում է կտրուկ նվազել 70...80% խոնավության պայմաններում, բայց բոլոր արժեքներն ընդունելի սահմաններում են:

Առաջարկվող ալգորիթմը հնարավորություն է տալիս նաև գնահատել խոնավության երկարատև ազդեցության դեպքում արտաբնական հոսանքի գործակիցը, և փաթույթի մեկուսացման որակի մասին ստանալ հավաստի տեղեկատվություն՝ օգտագործելով IEEE Std 43-2000 ստանդարտով ամրագրված թույլատրելի արժեքը:

Պարկ - Գորնի հավասարումների համակարգի կիրառմամբ LabVIEW ծրագրային միջավայրում մշակվել է էլեկտրաբանեցման սինխրոն շարժիչի ստատորի, գրգռման և հանգստացնող փաթույթների հոսանքների, շարժիչի էլեկտրամագնիսական մոմենտի, ուղիղ և հակառակ հոսանքի փոփոխությունների գնահատման մոդել շարժիչի լարման և բեռի դիմադրող մոմենտի տարբեր արժեքների համար: Ստացվել է հոսանքների փոփոխությունները բնութագրող հավասարումների համակարգը:

$$\left\{ \begin{array}{l}
\frac{di_d}{dt} = \left(-i_{Dd} \frac{R_{Dd}}{x_{Dd}} \frac{(x_{ad})^2}{B_2} + i_f \frac{R_f}{B_2} x_{ad} - \frac{u_f}{B_2} x_{ad} + i_{Dd} \frac{R_{Dd}}{(x_{Dd})^2} \frac{(x_{ad})^3}{B_2} - \right. \\
\left. - u_f - i_f R_f \frac{(x_{ad})^2}{x_{Dd} B_2} + u_f \frac{(x_{ad})^2}{x_{Dd} B_2} - i_{Dd} \frac{R_{Dd}}{x_{Dd}} x_{ad} + \right. \\
\left. + (I + S)(i_q x_q + i_{Dq} x_q) + i_d R \right) \frac{1}{B_3}, \\
\frac{di_q}{dt} = \left(i_q R - i_{Dq} \frac{R_{Dq}}{x_{Dq}} x_q - (I + S)(i_d x_d + i_f x_{ad} + i_{Dd} x_{ad}) - u_q \right) \frac{1}{\left(\frac{x_{aq} \cdot x_q}{x_{Dq}} - x_q \right)}, \\
\frac{di_f}{dt} = \left(\frac{di_d}{dt} B_1 - i_{Dd} \frac{R_{Dd}}{x_{Dd}} x_{ad} + i_f R_f - u_f \right) \frac{1}{B_2}, \\
\frac{di_{Dd}}{dt} = -\frac{di_d}{dt} \frac{x_{ad}}{x_{Dd}} - \frac{di_f}{dt} \frac{x_{ad}}{x_{Dd}} - i_{Dd} \frac{R_{Dd}}{x_{Dd}}, \\
\frac{di_{Dq}}{dt} = -\frac{di_q}{dt} \frac{x_{aq}}{x_{Dq}} - i_{Dq} \frac{R_{Dq}}{x_{Dq}}, \\
T \frac{dS}{dt} = \left((i_d x_d + i_f x_{ad} + i_{Dd} x_{ad}) i_q - (i_q x_q + i_{Dq} x_q) i_d \right) - m_c, \quad S = \frac{d\theta}{dt},
\end{array} \right.$$

որտեղ i_d - ն, i_q - ն ստատորի փաթույթի հոսանքներն են ըստ երկայնական և լայնական առանցքների, u_f - ը, i_f - ը՝ գրգռման լարումը և հոսանքը, S - ը՝ սահքը, i_{Dd} - ն, i_{Dq} - ն հանգստացնող փաթույթով հոսող հոսանքներն ըստ երկայնական և լայնական առանցքների, R - ը, R_f - ը՝ ստատորի ֆազի և գրգռման փաթույթների ակտիվ դիմադրությունները, R_{Dd} - ն, R_{Dq} - ն՝ հանգստացնող փաթույթների ակտիվ դիմադրություններն ըստ երկայնական և լայնական առանցքների, T - ն՝ իներցիայի հաստատունը, m_c - ն՝ տեխնոլոգիական բեռի մոմենտի հարաբերական արժեքը, u_d - ն, u_q - ն՝ ստատորի փաթույթի սեղմակների լարումներն ըստ երկայնական և լայնական առանցքների:

Օգտագործվել են հետևյալ նշանակումները՝

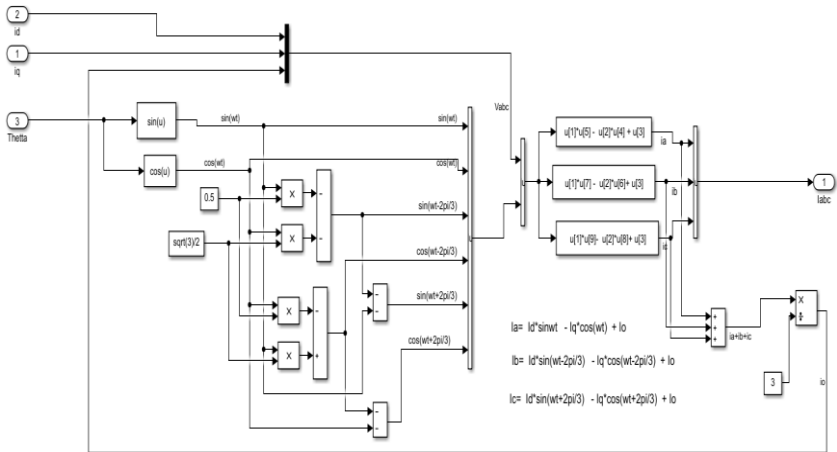
$$\left(x_{ad} - \frac{(x_{ad})^2}{x_{Dd}} \right) = B_1, \quad \left(\frac{(x_{ad})^2}{x_{Dd}} - x_f \right) = B_2, \quad \left(\frac{(x_{ad})^2}{x_{Dd}} + \frac{B_1}{B_2} \frac{(x_{ad})^2}{x_{Dd}} - x_d - \frac{x_{ad}}{B_2} B_1 \right) = B_3 :$$

Ուղիղ (I_1) և հակառակ (I_2) հաջորդականության հոսանքների փոփոխությունների գնահատման համար օգտագործվել են հետևյալ արտահայտությունները.

$$i_1 = \frac{1}{3}(I_a + ai_b + a^2 i_c), \quad i_2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2 i_b + ai_c),$$

որտեղ $a = -0,5 + j0,866$, I_a, I_b, I_c -ն ֆազային հոսանքների կոմպլեքսային արժեքներն են:

Ֆազային հոսանքները որոշվել են ըստ նկ. 2-ում բերված սխեմայի:



Նկ. 2. Ֆազային հոսանքների ժամանակային փոփոխությունների որոշման սխեմա

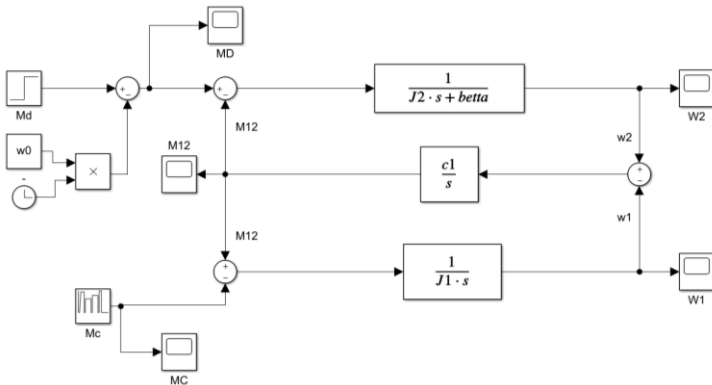
Շրջորդ գլխավ մշակվել են ասինխրոն և սինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգերի մեխանիկական մասի աշխատանքային ռեժիմների մոնիթորինգի մոդելներ: Մշակված մոդելն արտացոլում է տվյալ համակարգի կառուցվածքային սխեմայի առանձնահատկությունն ու բեռնավորման ռեժիմը:

Ստորև ներկայացված է հանքաքարի ջարդիչի ասինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի մաթեմատիկական նկարագրությունը.

$$\begin{cases} J_1 \frac{d\omega_1}{dt} - M_{12} = -M_c \\ J_2 \frac{d\omega_2}{dt} + M_{12} = M_D - \beta\omega_2 \\ M_{12} = \frac{c_1}{s}(\omega_2 - \omega_1), \end{cases} \quad (1)$$

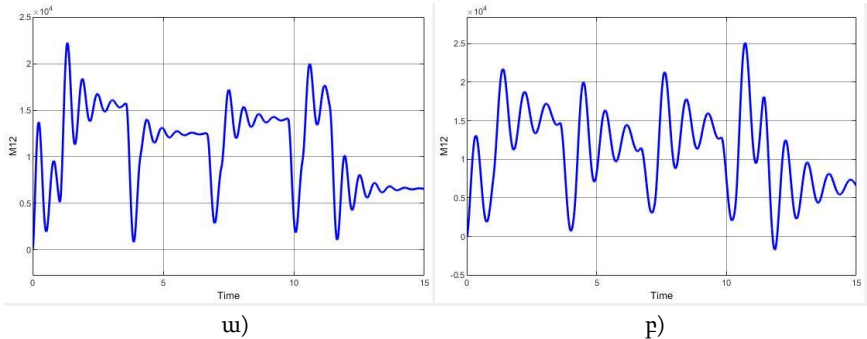
որտեղ J_1 - ը, J_2 - ը, համապատասխանաբար ջարդիչի և ասինխրոն շարժիչի ռոտորի իներցիայի մոմենտներն են, c_1 - ը՝ ջարդիչի ու էլեկտրաշարժիչի միջև շարժահաղորդման օղակի կոշտությունը, ω_1 - ը, ω_2 - ը՝ ջարդիչի և շարժիչի պտտման արագությունները, M_c - ն ջարդիչի բեռի դիմադրող մոմենտը, M_D - ն ասինխրոն շարժիչի մոմենտը, M_{12} - ը առաձգական տարրի բեռի մոմենտը, β - ն՝ շարժիչի բնութագրի կոշտությունը, s - ը՝ օպերատոր:

Օգտագործելով (1) դիֆերենցիալ հավասարումը, ստացվել է առաձգական ենթահամակարգի կառուցվածքային սխեման (նկ. 3): Մխեմայի կառուցումը իրականացվել է MATLAB ծրագրային փաթեթի Simulink միջավայրում:



Նկ. 3. Ջարդիչի էլեկտրաբանեցման առաձգական ենթահամակարգի կառուցվածքային սխեման

Նկ. 3-ում բերված կառուցվածքային սխեմայում բեռի M_c դիմադրող մոմենտի փոփոխման տեսքն ընտրվել է հաշվի առնելով լեռնամետալուրգիական արդյունաբերությունում օգտագործվող ջարդիչների աշխատանքային ռեժիմները: Մշակված մոդելի միջոցով ստացվել է շարժահաղորդման օղակի c_1 կոշտության տարբեր արժեքների դեպքում M_{12} մոմենտի փոփոխությունները ժամանակի ընթացքում:



Նկ. 4. Առաձգական տարրի բեռի մոմենտի փոփոխությունը ա) $c_1 = 25000$ կգ.մ/նաղ և բ) $c_1 = 15000$ կգ.մ/նաղ

Դուրս են բերվել էլեկտրաբանեցման առաձգական ենթահամակարգի $W(s) = M_{I2}(s)/M_D(s)$ փոխանցման ֆունկցիան շարժահաղորդման օղակի c_1 կոշտության տարբեր արժեքների համար.

$$W(s) = \frac{68s}{s^3 + 24,4s^2 + 159,1s + 2222}, \text{ երբ } c_1 = 25500 \text{ կգ.մ/նաղ:} \quad (2)$$

(2) փոխանցման ֆունկցիայի բնութագրիչ հավասարումն ունի հետևյալ տեսքը՝ $s^3 + 24,4s^2 + 159,1s + 2222 = 0$, որի լուծումներն են՝

$$s_1 = -21,7808, \quad s_2 = -1,3096 + j10,0154, \quad s_3 = -1,3096 - j10,0154,$$

$$W(s) = \frac{40s}{s^3 + 24,4s^2 + 93,57s + 1307}, \text{ երբ } c_1 = 15000 \text{ կգ.մ/նաղ:} \quad (3)$$

(3) փոխանցման ֆունկցիայի բնութագրիչ հավասարումն ունի հետևյալ տեսքը՝ $s^3 + 24,4s^2 + 93,57s + 1307 = 0$, որի լուծումներն են՝

$$s_1 = -22,8101, \quad s_2 = -0,7950 + j7,5282, \quad s_3 = -0,7950 - j7,5282 :$$

Բնութագրիչ հավասարումների համար ստացված արմատները գտնվում են կեղծ առանցքից ձախ, ինչից հետևում է, որ համակարգը կայուն է:

Ստացվել է նաև համակարգի $G_I(s) = M_{I2}(s)/M_c(s)$ փոխանցման ֆունկցիան շարժահաղորդման օղակի c_1 կոշտության տարբեր արժեքների համար.

$$G_I(s) = \frac{91,07s + 2222}{s^3 + 24,4s^2 + 159,1s + 2222}, \text{ երբ } c_1 = 25500 \text{ կգ.մ/նաղ,} \quad (4)$$

$$G_I(s) = \frac{53,57s + 1307}{s^3 + 24,4s^2 + 93,57s + 1307}, \text{ երբ } c_1 = 15000 \text{ կգ.մ/նաղ:} \quad (5)$$

Բնութագրիչ հավասարումների համար ստացված արմատներից հետևում է, որ c_I կապի կոշտության երկու արժեքի դեպքում էլ համակարգը կայուն է:

Հանքաքարի աղացի սինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի հետազոտման մոդելի մշակման համար օգտագործվել է երկզանգված մեխանիկական համակարգի շարժման հավասարումների հետևյալ ձևափոխված տեսքը՝

$$\begin{cases} \omega_{a1} = \frac{I}{J_{a1}s} (M_{s12} - M_{ac}), \\ \omega_{s2} = \frac{s}{J_{s2}s^2 + \beta_s s + b} \left(\left(\beta_s + \frac{b}{s} \right) \omega_o - M_{s12} \right), \end{cases}$$

որտեղ J_{a1} - ը, J_{s2} - ը, համապատասխանաբար աղացի և սինխրոն շարժիչի ռոտորի իներցիայի մոմենտներն են, ω_{a1} - ը, ω_{s2} - ը՝ աղացի և սինխրոն շարժիչի պտտման արագությունները, M_{ac} - ն՝ աղացի բեռի դիմադրող մոմենտը, M_{s12} - ը՝ առաձգական տարրի բեռի մոմենտը, β_s - ն՝ սինխրոն շարժիչի բնութագրի կոշտությունը:

Տեխնոլոգիական բեռի մոմենտի որոշման համար օգտագործվել է հետևյալ արտահայտությունը՝

$$M_{ac} = M_{co} - m_1 \omega_1 + m_2 (\omega_1)^3,$$

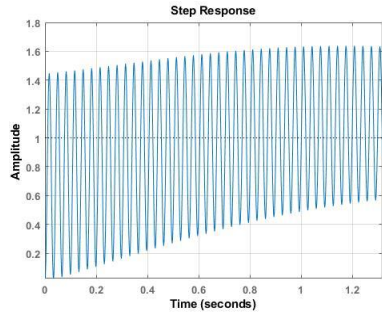
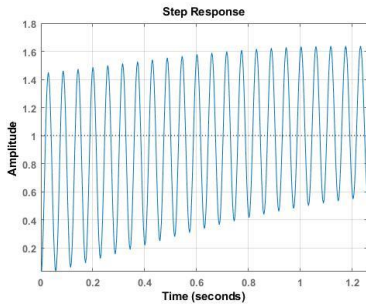
որտեղ M_{co} -ն բեռի մոմենտի սկզբնական արժեքն է, m_1 , m_2 -ը՝ գործակիցներ, որոնք կախված են հանքաքարի աղացի աշխատանքային պայմաններից:

Նկատի ունենալով, որ մեխանիկական մասի փոփոխություններն առավելապես դրսևորվում են տեխնոլոգիական բեռով և շարժիչի մոմենտով, ստացվել են փոխանցման $G_2(s)$ և $F(s)$ ֆունկցիաները.

$$G_2(s) = \frac{M_{s12}(s)}{M_{ac}(s)} = \frac{1,738 \cdot 10^4 s^2 + 2,961 \cdot 10^4 s + 6,948 \cdot 10^4}{s^4 + 1,698 s^3 + 2,405 \cdot 10^4 s^2 + 2,958 \cdot 10^4 s + 6,948 \cdot 10^4},$$

$$F(s) = \frac{M_{s12}(s)}{M_D(s)} = \frac{6669 s^2 - 38,21 s}{s^4 + 1,698 s^3 + 2,405 \cdot 10^4 s^2 + 2,958 \cdot 10^4 s + 6,948 \cdot 10^4}:$$

Կառուցվել են $G_2(s)$ և $F(s)$ փոխանցման ֆունկցիաների Նալքվիստի և անցումային երևույթների կորերը, ինչպես նաև ամպլիտուդահաճախային և ֆազահաճախային բնութագրերի լոգարիթմական տեսքերը կապի կոշտության տարբեր արժեքների համար: Նկ. 5-ում բերված $G_2(s)$ -ի անցումային երևույթի կորերից հետևում են, որ c_{sI} կապի կոշտության մեծացման դեպքում մոմենտի տատանումների հաճախությունը զգալի մեծանում է:

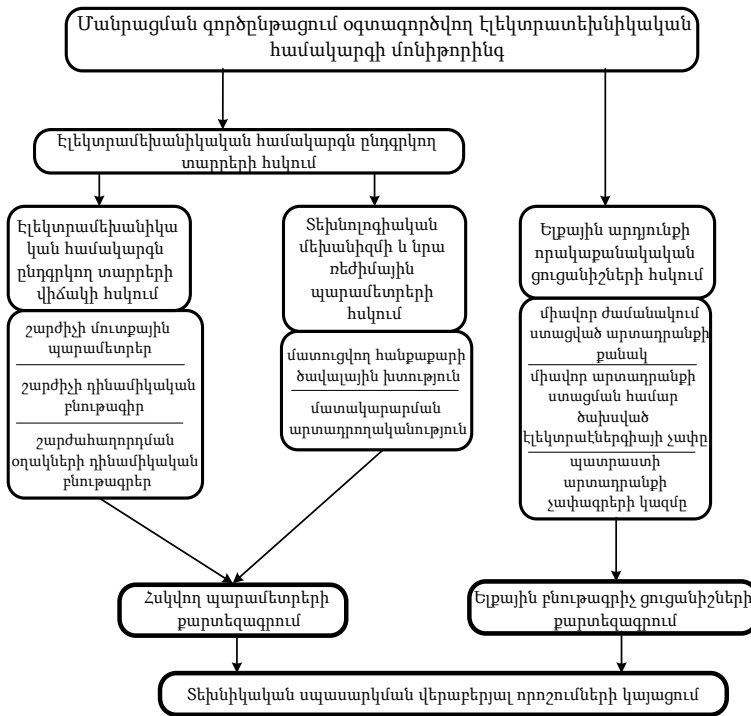


Նկ. 5. $G_2(s)$ -ի անցումային երևույթների կորերը ա) $c_{s1} = 1820210 \text{ կգ.ւ/նաղ}$,
բ) $c_{s1} = 5460630 \text{ կգ.ւ/նաղ}$

Ասինխրոն և սինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգերի մեխանիկական մասի հետազոտման մոդելները հնարավորություն են տալիս իրականացնել մոնիթորինգ համակարգերի շարժահաղորդման օղակների կապի կոշտության տարբեր արժեքների դեպքում ամպլիտուդա-ֆազա-հաճախային բնութագրերի գնահատմամբ՝ MATLAB ծրագրային փաթեթի Simulink միջավայրում:

Չորրորդ գլխում առաջարկվել է մանրացման գործընթացի բնութագրիչների վարքի փոփոխության վիճակագրական հսկման քարտեզագրման միջոց և մոնիթորինգի իրագործման ալգորիթմ:

Առանցքային բնութագրերի վարքի փոփոխության քարտեզագրումը և դրանց համալիր վերլուծությունը թույլ է տալիս բացահայտել հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում կիրառվող էլեկտրատեխնիկական համակարգում ներառված տարրերի ակնկալվող արատները, գնահատել դրանց կրիտիկականության աստիճանն ու հետևել դրանց զարգացմանը: Վերջինիս ապահովման համար մշակվել է մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացի էլեկտրատեխնիկական համակարգի աշխատանքային բնութագրերի փոփոխության վիճակագրական վերլուծության կառուցվածքային սխեմա (նկ. 6), որում ներառված են տեխնոլոգիական և էներգետիկական ցուցանիշները:



Նկ. 6. Մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացի էլեկտրատեխնիկական համակարգի աշխատանքային բնութագրերի հսկման կառուցվածքային սխեմա

Աշխատանքային բնութագրերի փոփոխության վիճակագրական վերլուծության համար առաջարկվող ալգորիթմը հնարավորություն է տալիս Շուխարտի մեթոդի կիրառմամբ քարտեզագրել «Էլեկտրաբանեցման շարժիչ - տեխնոլոգիական մեխանիզմ» համակարգի տարբեր օղակների աշխատանքային բնութագրերը և դրանց վիճակագրական վերլուծման արդյունքում ապահովել համակարգի համալիր մոնիթորինգ:

Տրվել են էլեկտրատեխնիկական համակարգի մոնիթորինգի իրագործման կառուցվածքային սխեման և դրա ալգորիթմը, որոնք հնարավորություն են տալիս տեխնոլոգիական և էներգետիկական գործոնների հաշվառմամբ ապահովել մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրամեխանիկական համակարգերի աշխատանքային վիճակի համալիր մոնիթորինգը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

1. Էլեկտրատեխնիկական համակարգերի մոնիթորինգի վիճակին և զարգացման խնդիրներին նվիրված հայտնի աշխատությունների վերլուծության արդյունքում հիմնավորվել են հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրատեխնիկական համակարգերի մոնիթորինգի մոդելի մշակման առաջնահերթ ուղղությունն ու հնարավորությունները:

2. Հանքաքարի մանրացման գործընթացի անխափան և հուսալի աշխատանքի անհրաժեշտությունից ելնելով, համապատասխան չափանիշների գնահատման և վերլուծության միջոցով, հիմնավորվել են դրանում օգտագործվող էլեկտրատեխնիկական համակարգերի մոնիթորինգի համար առավել հետաքրքրություն ներկայացնող հիմնական գործոնները:

3. Առաջարկվել է շարժիչի փաթույթի էլեկտրական մեկուսացման վիճակի գնահատման ալգորիթմ, որը թույլ է տալիս առավել վաղ ժամանակում բացահայտել ոչ ստանդարտ ռեժիմներում և միջավայրերում աշխատող էլեկտրաշարժիչի մեկուսչի որակական փոփոխությունները:

4. Մշակվել է մոդել, որը հնարավորություն է տալիս Պարկ - Գորևի հավասարումների համակարգի կիրառմամբ LabVIEW ծրագրային միջավայրում գնահատել էլեկտրաբանեցման շարժիչի աշխատանքային բնութագրերը և բացահայտել ոչ սիմետրիկ աշխատանքային ռեժիմները՝ սնման լարման և տեխնոլոգիական բեռի դիմադրող մոմենտի տարբեր արժեքների դեպքում:

5. Մշակվել է մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի հետազոտման իմիտացիոն մոդել MATLAB ծրագրային փաթեթի Simulink միջավայրում, որը թույլ է տալիս հետազոտել «շարժիչ – տեխնոլոգիական մեխանիզմ» համակարգի վարքի փոփոխությունը կապի կոշտության տարբեր արժեքների դեպքում:

6. Առաջարկվել է հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում կիրառվող էլեկտրատեխնիկական համակարգի տարբեր օղակների աշխատանքային բնութագրերի վարքի փոփոխության քարտեզագրման և վերլուծման ալգորիթմ:

7. Առաջարկվել է մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրամեխանիկական համակարգերի աշխատանքային վիճակի համալիր մոնիթորինգի իրագործման կառուցվածքային սխեմա և ալգորիթմ, որոնք հնարավորություն են տալիս ձևավորել երաշխավորություն հետագա գործողությունների կատարման նպատակով:

Ատենախոսության թեմայով հրատարակվել են հետևյալ աշխատությունները

1. Բաղդասարյան Մ.Ք., Ուլիկյան Ա.Թ., **Սարգսյան Ս.Վ.** Սինխրոն էլեկտրաբանեցման համակարգի մեխանիկական մասի հետազոտման մոդել // Տեղեկագիր ՀԳԱԱ և ՀԱՊՀ. Սեր. ՏԳ. - 2020. - հատ. LXXIII, №1. - էջ 20-27:

2. Բաղդասարյան Մ.Ք., **Սարգսյան Ս.Վ.** Հանքաքարի մանրացման գործընթացի էլեկտրամեխանիկական համակարգերի աշխատանքային բնութագրերի փոփոխության վիճակագրական վերլուծություն // Տեղեկագիր ՀԳԱԱ և ՀԱՊՀ. Սեր. ՏԳ. -2019. -հատ. LXXII, №3. - էջ 367-374.

3. **Саргсян С.В.** Оценка состояния изоляции обмотки двигателя при воздействии влаги // Вестник НПУА: Электротехника, энергетика. - 2019. – №2. - С.52-61.

4. 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. 46-53.

5. Багдасарян М.К., Марухян В.З., **Саргсян С.В.** О мониторинге качества электрической изоляции обмоток приводных электродвигателей, используемых в технологических процессах // Вестник НПУА: Электротехника, энергетика. - 2019. - №1. - С.9-18.

6. **Սարգսյան Ս.Վ.** Հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացի էլեկտրատեխնիկական համակարգերի մոնիթորինգի իրականացման մասին/ ՀԱՊՀ, Լրաբեր գիտական հոդվածների ժողովածու մաս II, 2018. - էջ 410-415:

7. **Սարգսյան Ս.Վ.** Հանքաքարի մանրացման տեխնոլոգիական գործընթացում օգտագործվող էլեկտրատեխնիկական համակարգերի մոնիթորինգի հայտնի մեթոդների վերլուծություն/. ՀՃԱ Լրաբեր. – 2018. - Հատ. 15, № 1. - էջ 228-234:

8. Багдасарян М.К., Мноян Т.Н., **Саргсян С.В.** Способ контроля аномальных режимов синхронного приводного двигателя рудоразмельной мельницы // Евразийский Союз Ученых. - 2018. - №4 (49). – С.6-8.

САРГСЯН САРГИС ВАЛЕРИЕВИЧ

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУДЫ

РЕЗЮМЕ

Обеспечение эффективной и безопасной работы технологического оборудования промышленных предприятий в основном достигается за счет своевременного мониторинга его технического состояния, т.е. проведения организованного и систематического контроля за состоянием объектов, используемых в данном технологическом процессе, с целью их оценки, контроля и прогнозирования.

Известные исследования различных авторов показали, что мониторинг технического состояния имеет важное значение особенно для тех технологических процессов, в которых используются мощные приводные двигатели. Таковым является технологический процесс измельчения руды.

Учитывая, что в процессе измельчения руды для привода разных технологических механизмов применяются электродвигатели разных типов и мощностей, особое значение имеет мониторинг технического состояния этих электротехнических систем.

Цель работы. Целью диссертации является разработка модели мониторинга систем асинхронных и синхронных электроприводов, используемых в технологическом процессе измельчения руды, путем оценки поведения изменения упругих механических звеньев, состояния изоляции обмотки и характеризующих параметров электродвигателя.

Научная новизна

1. Разработан алгоритм для исследования изменения технического состояния изоляции обмотки электродвигателей, работающих во влажной среде, позволяющий отслеживать и выявлять изменения состояния качества изоляции и тем самым предотвратить возможности пробоя на ранних стадиях ее эксплуатации.

2. Разработаны модели для мониторинга механических частей асинхронных и синхронных электроприводных систем, позволяющие при разных значениях жесткости связей механических звеньев оценить изменения частотных характеристик в среде Simulink программного пакета MATLAB.

3. Разработан алгоритм для контроля рабочих режимов электротехнической системы, используемых в процессе измельчения руды, позволяющий с использованием метода Шухарта картографировать рабочие характеристики

разных звеньев системы и в результате статистического анализа обеспечить мониторинг разных узлов.

4. Разработаны структурная схема и алгоритм осуществления мониторинга, позволяющие с учетом технологических и энергетических признаков обеспечить всесторонний мониторинг рабочих состояний электромеханической системы процесса измельчения руды.

Основные выводы

1. В результате анализа известных работ, посвященных состоянию и развитию задачи мониторинга электротехнических систем, обоснованы основные приоритеты направления и возможности разработки модели мониторинга электротехнической системы технологического процесса измельчения руды.

2. Исходя из необходимости безопасной и надежной работы процесса измельчения руды, путем оценки и анализа соответствующих критериев обоснованы основные признаки, представляющие наибольший интерес для мониторинга электротехнической системы.

3. Предложен алгоритм для оценки состояния электрической изоляции обмотки двигателя, позволяющий на ранних стадиях выявить качественные изменения изоляции двигателя, работающего в нестандартных режимах и средах.

4. Разработана модель, позволяющая с использованием уравнения Парка-Горева в программной среде LabVIEW оценить рабочие характеристики электроприводного двигателя и выявить несимметричные рабочие режимы при разных значениях напряжения и момента сопротивления технологической нагрузки.

5. В среде Simulink программного пакета MATLAB разработана имитационная модель для исследования механической части электроприводной системы процесса измельчения руды, позволяющая изучить изменения поведения системы “двигатель – технологический механизм” при разных значениях жесткости связи.

6. Предложен алгоритм для картографирования и анализа изменения поведения рабочих характеристик разных звеньев электротехнической системы технологического процесса измельчения руды.

7. Предложены структурная схема и алгоритм осуществления всестороннего мониторинга рабочих состояний электромеханической системы технологического процесса измельчения руды, позволяющие сформулировать рекомендации по дальнейшим действиям.

SARGSYAN SARGIS

DEVELOPING A MODEL FOR MONITORING THE ELECTRICAL SYSTEM OF THE ORE GRINDING PROCESS

SUMMARY

Ensuring the effective and safe operation of industrial equipment is mainly achieved by timely monitoring of its technical condition, i.e. conducting organized and systematic monitoring of the state of objects used in this technological process, in order to assess, control and forecast them.

Well-known research works by various authors have shown that monitoring of the technical condition is important for those technological processes where powerful drive motors are used. Such is the technological process of ore grinding.

Taking into account the fact that electric motors of different types and powers are used to drive various technological mechanisms in the process of ore grinding, it is of particular importance to monitor the technical condition of these electrical systems.

Purpose of the work. The purpose of the dissertation is to develop a model for monitoring systems of induction and synchronous electric drives used in the technological process of ore grinding by evaluating the behaviour of changes in elastic mechanical links, the state of insulation of the winding and the characterising parameters of the electric motor.

Scientific novelty

1. An algorithm to study changes in the technical condition of insulation of electric motor windings operating in a humid environment, which allows to monitor and detect changes in the state of insulation quality, and, at the same time, prevent the possibility of breakdown at the early stages of its operation has been developed.

2. Models for monitoring the mechanical parts of induction and synchronous electric drive systems have been developed, which allow estimating changes in frequency characteristics in the Simulink environment of the MATLAB software package for different values of mechanical link stiffness.

3. An algorithm for monitoring the operating modes of the electrical system used in the ore crushing process, which allows using the Shewhart method to chart the operating characteristics of different parts of the system, and as a result of statistical analysis, to monitor different nodes has been developed.

4. A block diagram and a monitoring algorithm that allow, taking into account technological and energy characteristics, to provide comprehensive monitoring of the operating states of the electromechanical system of the ore grinding process have been developed.

Main conclusions

1. As a result of the analysis of well-known works devoted to the state and development of the task of monitoring electrical systems, the main priorities of the direction and possibilities of developing a model for monitoring the electrical system of the technological process of ore grinding are justified.

2. Based on the need for safe and reliable operation of the ore crushing process, by the method of evaluation and analysis of the relevant criteria, the main features that are of greatest interest for monitoring the electrical system are justified.

3. An algorithm for evaluating the state of electrical insulation of the motor winding, which allows early identification of qualitative changes in the insulation of the motor operating in non-standard modes and environments is proposed.

4. The model using the Park-Gorev transformation in the software environment of LabVIEW to evaluate the performance of the electrically driven motor and identify the asymmetric operating modes at different values of voltage and the moment of resistance of the process load was developed.

5. In the Simulink environment of the MATLAB software package, a simulation model for the study of the mechanical part of the electric drive system of the ore grinding process, which allows to study the changes in the behaviour of the “motor – process mechanism” system at different values of the coupling stiffness has been developed.

6. The algorithm for charting and analysing the changes in the behaviour of the operating characteristics of different parts of the electrical system of the ore grinding process is proposed.

7. The block diagram and the algorithm for comprehensive monitoring of the operating states of the electromechanical system of the ore grinding process allowing to formulate recommendations for further action are proposed.

