

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ
ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ**

ӘОЖ 621.317(043.3)

Қолжазба құқығында

ЖАКИПОВ НАЖМИТДЕН БЕРЕКЕЛІҰЛЫ

**КЕРНЕУІ 1000 В ДЕЙІНГІ ТОРАПТАРДАҒЫ ЭЛЕКТРҚАУІПСІЗДІКТІ
ТЕХНИКАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ МЕН
ӘДІСТЕРІН ӘЗІРЛЕУ**

Мамандығы 6D071800 - “Электрэнергетика”

Электрэнергетика бойынша
философия PhD докторы ғылыми
дәрежесіне ізденушілікке Диссертация

Ғылыми кеңесшілер:
т.ғ.д., профессор Б.Б. Өтеғұлов
PhD, профессор Хани Обейд

Павлодар
2014

МАЗМҰНЫ

	Бет.
ҚЫСҚАРТУЛАР МЕН ШАРТТЫ БЕЛГІЛЕР ТІЗІМІ	4
КІРІСПЕ	5
1 ЗЕРТТЕУ ТАПСЫРМАСЫ МЕН СҰРАҒЫНЫҢ КҮЙІ	10
1.1 Тау-кен кәсіпорындарда кернеуі 1000 В дейінгі электрқондырғыларды эксплуатациялау кезіндегі электрқауіпсіздігінің сындары.....	10
1.2 Кернеуі 1000 В дейін және одан жоғары оқшауланған бейтарабы бар желілердегі оқшаулау күйін бақылау әдістемелерінің классификациясы	12
1.3 Төменгі кернеудегі желіге жоғары кернеудің өтуінен қорғайтын құрылғылардың анализі	16
1.4 Тесіп-өткіш сақтандырғыштардың жұмыс күйін тексеретін құрылғыларды зерттеу	20
1.5 Зерттеу тапсырмалары	24
2 КЕРНЕУІ 1000 В ДЕЙІНГІ ОҚШАУЛАНҒАН БЕЙТАРАБЫ БАР СИММЕТРИЯЛЫ ЕМЕС ТОРАПТА ОҚШАУЛАМА ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕСІН ҚҰРУ	25
2.1 Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтарабымен үшфазалық симметриялы емес электрлік тораптағы оқшаулама параметрлерін анықтау әдісінің теориялық негіздері	25
2.2 Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар симметриялы емес торабында оқшаулама параметрлерін анықтау әдісі	27
2.3 Тау-кен кәсіпорындары үшін кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриялы емес торабында оқшаулама параметрлерін анықтау әдістемесін құру	31
2.4 Өндірістік жағдайда кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған торапта оқшаулаудың параметрлерін анықтау әдісінің эксперименттік зерттеулері.....	34
2.5 Қорытындылар	41
3 ТАУ-КЕН КӘСІПОРЫНДАР ҮШІН КЕРНЕУІ 1000 В ДЕЙІНГІ БЕЙТАРАБЫ ОҚШАУЛАНҒАН СИММЕТРИЯЛЫ ЕМЕС ЖЕЛІДЕ ТИГІЗУ КЕРНЕУІН ЖӘНЕ ТОКТЫҢ АҒЫП КЕТУІН АНЫҚТАЙТЫН ӘДІСТІ ӘЗІРЛЕУ	42
3.1 Бастапқы ережелер	42
3.2 Тау-кен кәсіпорындар үшін кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтайтын әдісті әзірлеу	42
3.3 Кернеуі 1000 В жоғары симметриялы емес желіде тигізу кернеуін анықтаудың әдісін әзірлеу	46
3.4 Қорытындылар	48

4	ЭКСКАВАТОРДА КЕРНЕУІ 1000 В ДЕЙІНГІ ТОРАПТА ОҚШАУЛАМА ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТЕТІН ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫ ЖАСАУ.....	49
4.1	Бастапқы ережелер.....	49
4.2	ЭКГ-8И экскаватор электрқабылдағыштарының электрмен жабдықтауындағы қысқа тораптар.....	50
4.3	ЭКГ-8И экскаваторының кернеуі 1000 В дейінгі электрлік тораптарының оқшаулама параметрлерінің сандық мәндері.....	51
4.4	ЭКГ-8И экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі тораптарда қорғаныстық өшіру құрылғысының эффективтілігін зерттеу.....	55
4.5	Тау-кен кәсіпорындарында кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралды тораптар үшін тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтінділік құрылғысы.....	56
4.6	Қорытындылар	60
	ҚОРЫТЫНДЫ	61
	ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	62

ҚЫСҚАРТУЛАР МЕН ШАРТТЫ БЕЛГІЛЕР ТІЗІМІ

I_a	– адам бойымен өтетін ток;
$I_{ж}$	– жерге бір фазалы тұйықталу тогы;
ҚСҚ	– қорғанысты сөндіргіш құрылғысы;
$I_{км}$	– кему тогы;
$U_{жк}$	– жанасу кернеуі;
U_c	– сызықтық кернеу;
$U_{ф}$	– фазаның жерге қатысты кернеуі;
$U_{ф0}$	– белсенді қосымша өткізгішті қосқаннан кейінгі жерге қатысты фаза кернеуі;
Y	– желі оқшауламасының толық өткізгіштігі;
Y_{Σ}	– белсенді қосымша өткізгішті қосқанға дейінгі желі оқшауламасының жиынтық өткізгіші;
$Y_{\Sigma 1}$	– белсенді қосымша өткізгішті қосқаннан кейінгі желі оқшауламасының жиынтық өткізгіші;
g_0	– белсенді қосымша өткізгіштік;
g_1	– қосымша белсенді өткізгіштік;
b_0	– желі оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштігі;
Z	– торап оқшауламасының толық кедергісі;
R	– торап оқшауламасының активті кедергісі;
$R_{ж}$	– жерлестіру желісінің кедергісі;
X	– торап оқшауламасының сыйымдылық кедергісі;
$tg\delta$	– торап оқшауламасының диэлектриктік шығындардың тангенс бұрышы;
α	– тигізу кернеуінің коэффициенті;
TV	– кернеу трансформаторы;
TA	– ток трансформаторы;
QF	– жүктеме ажыратқышы;
PV	– вольтметр;
PA	– амперметр;
ЖБТ	– жерге бір фазалы тұйықталу;
A	– Ампер;
V	– Вольт;
Ом	– Ом;
См	– Сименс;
кВ	– киловольт;
с	– секунда;
кВт	– киловатт;
mA	– миллиампер;
Вт	– Ватт

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі – тау-кен өнеркәсіптерінде кернеуі 1000 В дейінгі үшфазалы электрлік желілерді пайдалану тәжірибесі өте нашар халде. Бұл өз кезегінде ішкі электрмен қамтамасыз етуге және кернеуі 1000 В дейінгі электрқондырғыларды пайдаланудағы электрқауіпсіздікке әсер етеді.

Тау-кен өнеркәсіптерінде кернеуі 1000 В дейінгі үшфазалы электрлік желілер кабельді және әуе желілерінен тұрады. Кабельді желілер ашық әдіспен жерде өткізіледі және оларға түрлі климаттық, механикалық жағдайлар әсер етеді. Бұл өз кезегінде желі оқшауламасының деңгейінің төмендеуіне және уақытынан бұрын істен шығуға әкеледі [1-9, 11-25, 27-39, 41-51, 53-76].

Оқшаулама күйі периодты түрде мегаомметрмен бақыланып отырады. Мегаомметрді өлшеуіш құралы ретінде қолданудың кемшілігі: ол тек оқшауламаның оммикалық кедергісін ғана өлшейді [22].

Тау-кен өнеркәсіптеріндегі кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтарабы бар желілердің оқшаулама күйін автоматты бақылау қорғаныстық ажыратудың құрылғысын пайдалану арқылы жүзеге асады. Қорғаныстық ажыратудың құрылғысының жұмыс істеу принципі бақыланып жатқан желіге тұрақты токты өткізу болып табылады. Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтарабы бар желілердің оқшаулама күйін автоматты бақылауында оқшаулама күйінің оммикалық индикаторы бар. Бұл тау-кен өнеркәсіптерінде қорғаныстық ажыратудың құрылғысының пайдаланудың кемшілігі болып табылады [2, 5-7, 25, 29, 38, 56-61, 68-72].

Тау-кен өнеркәсіптерінде ішкі электрмен қамтамасыз етудің деңгейін арттыру үшін Гладилин Л.В., Щуцкий В.И., Бацежев Ю.Г., Сидоров А.И., Суворов И.Ф. және т.б. оқшаулама күйін бақылаудың әдістерін және адамды электрлік тоқтан қорғаудың техникалық шараларын ойлап тапты [19-21, 47-49, 51-62].

Зерттеулер электрлік желілерде кернеу симметриялы болмаған кезде оқшаулама күйін бақылау төмен деңгейде жүргізілетінін көрсетті. Себебі кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтарабы бар желілерде қандай да бір фазаның жерге қатысты тұйықталуы кезінде оқшаулама параметрлерін анықтаудың эффективті әдістері жоқ. Сонымен қатар кернеуі 1000 В дейінгі оқшаулама бейтарабы бар үшфазалы электрлік желілерде токтың кемуін және жанасу кернеуін анықтайтын әдістемелер мен әдістер жоқ [22, 43-51].

Электрқауіпсіздіктің шарты кең көлемде оқшаулаудың күйімен, оның кедергісі және жерге қатысты сыйымдылығымен анықталады. Ажыратылған нейтральды электрқондырғылардың қауіпсіздігін анықтайтын факторларының бірі оқшаулаудың жерге қатысты кедергісі болып келеді. Сондықтан, ақауларды дер кезінде анықтау және алдын алу, оқшаулаудың белсенді және сыйымдылық құраушыларының өзгерісімен бірге экскаваторларда қауіпсіз жұмыс етуге мүмкіндік береді.

Тәжірибеде экскаваторларды пайдалану алдында электр желісіндегі оқшаулаудың шын күйін білу қажет. Электр желісінде оқшаулаудың күйінің бар анықталған мәліметтері бойынша ғылыми және практикалық басты сұрақтар шешіледі, ол негізінен оқшаулаудың кедергісінің эксплуатациялық нормасын қалыптастыру, және де экскаватордың қауіпсіз жұмыс істеуі бойынша ұйымдастырылымдық және техникалық іс-шараларды қалыптастыру.

Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтарабы бар үшфазалы желілерді пайдалану кезінде тесіп өтетін сақтандырғыш құрылғысының бүтіндігін бақылауды жүзеге асыру міндетті. Себебі ол жоғары кернеудің төменгі кернеуге өтуінен қорғайды. Тау-кен өнеркәсіптерінде күштік трансформатордың екінші ретті орамасының бейтарабында тесіп өтетін сақтандырғыш құрылғысының бүтіндігін бақылау дұрыс дамымаған [75].

Жоғарыда айтылғанның негізінде оқшаулама параметрлерін анықтау әдістерін, бірфазалы жерге тұйықталу және ағындық токтарды анықтау әдістерін, жанасу кернеуін анықтау және техникалық қауіпсіздікті қамтамасыз ету құрылғыларын әзірлеу, сонымен қатар кернеуі 1000 В дейін жұмыс істейтін электр қондырғыларында оқшаулама жағдайын зерттеу өзекті болып табылады, себебі ішкі электржабдықтау жүйесінде сенімділікті арттырып кен таулы машиналар мен кешендерді пайдалану қауіпсіздік деңгейін арттырады.

Жұмыстың мақсаты – оқшаулама жағдайын, бірфазалы жерге тұйықталу және ағындық токтарды, жанасу кернеуін бақылау әдістерін әзірлеу және бейтарабы оқшауланған кернеуі 1000 В дейінгі тау-кен өндірістері үшін тесіп өтетін қорғағыш бүтінділігін бақылайтын құрылғыны әзірлеу арқылы кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған желілерде электрқауіпсіздікті техникалық қамтамасыз ету маңызды ғылыми мәселені шешетін жаңа ғылыми негізделген нәтижелерді алу.

Диссертация тақырыбының мемлекеттік бағдарламасы және университеттің жұмыс жоспарымен байланысы.

Жұмыс негізінен Білім Министрлігінің ғылыми Фонды және Қазақстан Республикасы ғылыми зерттеу “Минералды және су ресурстарын толтыру мәселесін ғылыми қамтамасыз ету, техногендік және табиғи апаттарды геолог-географиялық жүйе арқылы төмендету” бағдарламасы бойынша, сонымен бірге “Тау-кен өнеркәсіптің ішкі электржабдықтау жүйедегі оқшаулаудың параметрлерінің анықтау шараларын қалыптастыру” жоба бойынша және “АО “Майқайыналтын” “Капитальная” шахтасында кернеуі 1000 В дейінгі тораптардың электрқауіпсіздігі деңгейін арттыру бойынша шаралар қалыптастыру”.

Жұмыстың идеясы – электрлік желінің және жердің қандай да бір фаза арасына қосымша белсенді өткізгіштікті қосқаннан кейін жерге байланысты сызықтық және фаза кернеуінің өзгеруінен желі оқшауламасының белсенді және толық өткізгіштігін анықтаудағы математикалық тәуелділіктерді қолдануда; тау-кен өнеркәсіптеріндегі кернеуі 1000 В дейінгі нейтралы оқшауланған желілер үшін оқшаулама күйін

және тесіп өтетін сақтандырғыш құрылғысын құрастыруда қорытындылады.

Қорғауға шығарылатын негізгі ғылыми ережелер мен зерттеулер нәтижесі:

1. Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы симметриялы емес желідегі оқшаулама параметрлерін анықтау әдісі.
2. Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған электрлік үшфазалы симметриялы емес желідегі оқшаулама күйінің параметрлерін анықтау әдістемесі.
3. Тау-кен кәсіпорындар үшін кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желілерде ағын токтарын анықтау әдісі.
4. Алғашқы рет ЭГК-8И экскаваторында оқшаулама параметрлерінің сандық мәндері алынды, және оқшаулама кедергісі активті кедергімен шартталғаны айқындалды, олар ток өткізгіш бөліктерді қаптайтын жерге қатысты оқшаулама диэлектрик материалын сипаттайды. Экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі желідегі оқшауламаның сыйымдылық кедергісі активті кедергіден артық.
5. Экскаваторлардағы қорғағыш ажыратқыш құрылғылары өзінің техникалық мінездемесі бойынша экскаватордағы кернеуі 1000 В дейінгі желіде бірфазалы жерге тұйықталу тогынан адамды қорғай алмайтыны анықталды, себебі экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі желідегі бірфазалы жерге тұйықталу ток мәні қорғағыш ажыратқышы іске қосылу мәнінен кіші.

Ғылыми жағдайлардың, тұжырымдамалары және кепілдемелерінің дәлелдігі және дұрыстығы расталады: электр тізбектерінің теориясын негізінен шығатын бастапқы орындардың дәлелдігімен және табиғи ғылымдардың іргелі заңдары; жеткілікті көлемнің нақты желі атқарылған эксперименттерінің нәтижелерімен теориялық зерттеулердің нәтижелерін сапалық сипаттамаларды қанағатты тура келу және тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері бойынша.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы төмендегі параметрлерді құрастыру:

1. Математикалық тәуелділіктерді анықтау:
 - қосымша белсенді өткізгіштіктің және жердің арасына қосқанға дейінгі және кейінгі жерге байланысты фаза кернеуін және жерге бірфазалы тұйықталудың тогын өлшей отырып, кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар үшфазалық электрлік симметриялық емес желіде оқшаулама параметрлерін анықтау;
 - кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтарабы бар үшфазалық электрлік симметриялы емес желідегі кему тогының мәні келесі өлшеулерге негізделген: қосымша белсенді өткізгіштікті қосқанға дейінгі және кейінгі жерге байланысты фаза кернеуін; желі оқшауламасының толық өткізгіштігін; қосымша белсенді өткізгіштікті қосқанға дейінгі оқшауламаның жалпы өткізгіштігін; қосымша белсенді өткізгіштікті қосқаннан кейінгі оқшауламаның жалпы өткізгіштігін анықтау;

– кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтарабы бар симметриялы емес желідегі жанасу кернеуін анықтау келесі өлшеулерге негізделген: қосымша белсенді өткізгіштікті қосқанға дейінгі және кейінгі жерге байланысты фаза кернеуін; желі оқшауламасының толық өткізгіштігін; қосымша белсенді өткізгіштікті қосқанға дейінгі оқшауламаның жалпы өткізгіштігін; қосымша белсенді өткізгіштікті қосқаннан кейінгі оқшауламаның жалпы өткізгіштігін және жерлендіру желі кедергісінің, жанасу кернеу коэффициентінің нормаланған параметрлерін қолдануды анықтау;

– ЭКГ-8И экскаваторының оқшаулау параметрлерінің сандық мәні, және оқшаулағыш кедергісіне қатысты өткізгіш токөтер бөлік жер үшін пайдаланылатын оқшаулауларын оқшаулаушы заттарының диэлектригі қасиетін мінездейтін активті кедергісіне шартталған. Экскаватордың кернеуі 1000 В дейінгі торапта оқшаулаудың сыйымдылық кедергісі активті кедергіден жоғары.

2.Өлшеуіш мүшесі ретінде сезімталдықты қамтамасыз ететін тиристрлік отпронды қолдану жолымен тау-кен кәсіпорындардағы кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалық электрлік желілер үшін тесіп өтетін сақтандырғыш бүтіндігін бақылайтын құрылғысы құрастырылды.

Жұмыстың тәжірибелік мәні келесіден тұрады:

- техникалық электрқауіпсіздікті қамтамасыз етуге бағытталған тау-кен өнеркәсіптеріндегі кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған желілер үшін тесіп өтетін сақтандырғыш бүтіндігін бақылайтын құрылғысы құрастырылды;

- кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалық симметриялы емес электрлік желілердегі оқшаулама күйінің параметрлерін анықтайтын әдістемелер құрастырылды;

- экскаваторлардағы қорғағыш ажыратқыш құрылғылары өзінің техникалық мінездемесі бойынша экскаватордағы адамның кернеуі 1000 В дейінгі желіде бірфазалы жерге тұйықталу тогынан қорғай алмайтыны анықталды, себебі экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі желідегі бірфазалы жерге тұйықталу ток мәні қорғағыш ажыратқышы іске қосылу мәнінен кіші.

Жұмыстың апробациясы. Диссертациялық жұмыстың негізгі материалдары және нәтижелері баяндалды және мақұлданды: «ХІ Сатпаев оқулары» жас ғалымдардың, студенттердің және оқушылардың халықаралық ғылыми конференциясында 34 том (Павлодар 2011 ж.); 1-ші халықаралық қатысуымен ғылыми-тәжірибелік «Эффективті және сапалы жабдықтау және электрэнергияны пайдалану» семинарында (Екатеринбург 2011 ж.); Materials Of the international scientific-practical conference“Science and education: no language barriers” (Pavlodar, 2011); Power and Energy Systems and Applications (PESA 2011 Pittsburgh, USA); 10-шы халықаралық ғылыми-тәжірибелік «Өндірістік энергетикадағы мәселер мен жетістіктер» конференциясында (Екатеринбург 2011 ж.); 11-ші халықаралық ғылыми-тәжірибелік «Өндірістік энергетикадағы мәселер мен жетістіктер» конференциясында (Екатеринбург 2012 ж.).

Мақала. Орындалған зерттеулердің нәтижесі бойынша 12 ғылыми жұмыс жарияланды, сонымен қатар өнертабысқа 1 патент берілді.

Жұмыстың көлемі. Диссертация кіріспеден, төрт тараудан, мазмұндалған қорытындыдан, барлығы 67 беттен, 5 кестеден, 8 иллюстрациядан, 76 атаулар библиографиясы мен қосымшалардан құралған.

1 ЗЕРТТЕУ ТАПСЫРМАСЫ МЕН СҰРАҒЫНЫҢ КҮЙІ

1.1 Тау-кен кәсіпорындарда кернеуі 1000 В дейінгі электрқондырғыларды эксплуатациялау кезіндегі электрқауіпсіздігінің сындары

Экскаваторлы электрқондырғыны эксплуатациялау кезіндегі электрқауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін алдын алу қауіпсіздік шараларының және адамның жаңа құрал-жабдықтарды өңдеу жолымен электр тогынан зақымдануынан тиімді қорғанысты қамтамасыз етуінің дұрыс қойылымы болып табылады.

Адамды экскаваторларда электр тогынан зақымдануынан қорғау үшін қорғанысты сөндіргіш құрылғы пайдаланылады.

Қорғанысты сөндіргіш құрылғыны пайдалану кернеуі 1000 В [1÷8] дейінгі бар үшфазалы электр тораптарын эксплуатациялау кезіндегі электрқауіпсіздігінің сыны болып табылатын апатты режимдегі токтардың және жанасу кернеуінің шектеулі мүмкін мәндерін арттырмауды қамтамасыз етуі қажет.

Электрқауіпсіздігінің сындарын орнатуда Мәскеу мемлекеттік тау-кен академиясының, Калифорния университетінің, Джорджия штатының мемлекеттік университетінің ғалымдары өзінің үлкен үлестерін қосты.

Апатты режимдегі электрқауіпсіздігінің сындарының біреуі болып: адам бойымен өтетін токтың шектеулі мүмкін токтың мәні $I_A=6,0$ мА, жанасу кернеуі кезінде $U_{ж}=20,0$ В, адам бойымен токтың өту ұзақтығы $t>1,0$ с, торап жиілігі $f=50$ Гц, кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтараптамасы бар үшфазалы электр торап [9].

Электрқауіпсіздігі сындарының келесісі болып: жанасу кернеуі және қалыпты режимде адам бойымен өтетін ток, кернеуі 1000 В дейінгі, жиілігі $f=50$ Гц оқшауланған бейтараптамасы бар үшфазалы электр торап:

- адам бойымен өтетін ток $I_A=0,30$ мА;
- жанасу кернеуі $U_{ж}=20,0$ В.

адам бойымен токтың өту ұзақтығы $t>1,0$ с [9].

Кернеуі 1000 В дейінгі бар экскаваторлы электрқондырғыны эксплуатациялау кезіндегі электрқауіпсіздік сындарын қамтамасыз ету үшін кешендегі экскаваторлы тораптың оқшаулау күйін және қолданбалы қорғанысты сөндіргіш құрылғының техникалық мүмкіндіктерін қарастыру қажет.

Кернеуі 1000 В дейінгі шахталы тораптарда пайдалы қазбаларды өндіру кезіндегі көмір табатын орындар мен жерасты кендерін өңдеудегі оқшаулау күйін зерттеуге үлкен көңіл бөлінген. Алғаш рет жерасты тәсілімен өңдеуде оқшаулау күйін зерттеу 1936 ж. профессор Л. В. Гладилинен жүргізілген болатын, ал 1938 ж. алғаш рет профессор И. И. Бодиенкомен кернеуі 1000 В дейінгі шахталы электр тораптарда Донбасса көмір кен орнында өндірілген.

Кернеуі 1000 В дейінгі бар шахталы үшфазалы электр тораптарын зерттеу жүргізу нәтижесінде оқшаулау күйінің және ток кему мөлшерінің параметрлерінің сандық сипаттамалары алынды. Оқшаулау күйінің және ток кему мөлшерінің параметрлерінің сандық сипаттамалары негізінде шахталы электр тораптарда өндіру жұмыстарының қауіпсізгін қамтамасыз ету үшін қорғанысты сөндіргіш құрылғыны таңдау стратегиясы анықталды [10÷19].

Оқшаулау күйін зерттеу жүргізу кезінде кабельдік желілердің ұзындығынан және қосылған электржабдықтар санынан ықтималдық статикалық сипаттамалар алынды. Математикалық болжалдардың берілгендері кернеуі 1000 В дейінгі бар электр тораптарын оқшаулаудың негізгі параметрлерінің нақты мөлшерлері, сонымен қатар көмір алатын орындарды және пайдалы қазбаларды өндіру кезінде жерасты шарттарында жұмыс істейтін электрқабылдағыштардың электржабдықтау жүйесінің қалыпты жұмыс күйінде осы параметрлердің өзгеру диапазоны анықталды.

Кабель желілерінің созылымынан және қосылған электр жабдығының санынан алынған ықтимал статистикалық сипаттамалары бойынша оқшаулаудың күйін зерттеу жүргізілді. Кернеуі 1000 В дейінгі электрлік желі оқшаулауының негізгі параметрлердің абсолюттік мәнінен математикалық болжамдары бойынша анықталды, сонымен бірге жер асты жұмыстары көмір өндіру және пайдалы қазбаларды табу жағдайында қалыпты жағдайда жұмыс істейтін электрқабылдағыштардың осы параметрлерінің өзгеру диапазоны анықталды.

[4] жұмыста токтың бірфазалы жерге тұйықтауының нақты мөлшерлерінің математикалық болжалдарын анықтау бойынша толық зерттеулер жүргізілген, сонымен қатар олардың пайда болу орындарындағы шегінің өзгерулері анықталды: көмір және тақтатас өндіру; түсті металлургия; қара металлургия.

Кернеуі 1000 В дейінгі бар шахталы тораптарда токтың бірфазалы жерге тұйықталудың және оқшаулау күйінің нәтижелерін зерттеулер жүргізілген кәсіпорындарда ұйымдастырушылық және техникалық іс-шараларды дайындауға, кең өндіруші кәсіпорындардағы электрқауіпсіздік деңгейін жоғарылату теориясы мен тәжірибесін жетілдіру бойынша жаңа білімдер алуға мүмкіндік туғызды.

Жалпы алғанда, оқшаулау күйін және токтың бірфазалы жерге тұйықталуын зерттеу бойынша жүргізілген талдау жерасты көмір алатын орындар мен пайдалы қазбаларды өндіру кезінде қолданылған қорғанысты сөндіргіш құрылғы кернеуі 1000 В дейінгі бар оқшауланған бейтараптамасы бар үшфазалы электр торапта апатты және қалыпты режимде электрқауіпсіздігінің сындарын қанағат ететінің көрсетті.

Кернеуі 1000 В дейінгі бар экскаваторлардағы тораптарда көмір алатын орындар мен пайдалы қазбаларды ашық түрде өндіру кезіндегі оқшаулау күйін зерттеу жүргізілген жоқ.

Кернеуі 1000 В дейінгі бар оқшауланған бейтараптамасы бар үшфазалы электр тораптың апатты және қалыпты режим кезінде электрқауіпсіздігіне

қатысты экскаваторларда орнатылған қорғаныстық сөндіргіш құрылғылар зерттелген жоқ.

Экскаваторларда кернеуі 1000 В дейінгі бар оқшауланған бейтараптамасы бар үшфазалы электр тораптың апатты және қалыпты режимде электрқауіпсіздік сындарына сәйкестігі бойынша қорғаныстық сөндіргіш құрылғының техникалық параметрлерін зерттеу үшін оқшаулау күйінің және токтың бірфазалы жерге тұйықталуының зерттеуін жүргізу қажет.

1.2 Кернеуі 1000 В дейін және одан жоғары оқшауланған бейтарабы бар желілердегі оқшаулау күйін бақылау әдістемелерінің классификациясы

Электрлік желі фазасының оқшауламасына зақым келгенде жерге бірфазалы тұйықталу пайда болуы мүмкін, бұл кәсіпорындағы электр қауіпсіздікті әлдеқайда төмендетеді. Сол себепті жұмыскерлерді электрлік токтан қорғау мақсатында оқшаулама күйіне бақылау жасап отыру керек. Бақылауға арналған әдістемелерді негізгі үш топқа бөлуге болады: [2, 18, 22, 56]:

- оқшауламаны қабылдау-тапсыру арқылы сынақтан өткізу;
- оқшаулама күйін кезеңдік бақылау;
- оқшаулама күйін үздіксіз бақылау.

Оқшауламаны қабылдау-тапсыру арқылы сынақтан өткізу ең алдымен электр қондырғыны жасаушы кәсіпорнында тұтынушыға жіберер алдында өткізіледі. Бұл сынақтың мақсаты өндіріс процесі кезінде пайда болған кездейсоқ ақаулардың алдын алу болып табылады. Содан соң оқшауламаны қабылдау-тапсыру сынағы электр қондырғыны орнатып, пайдалануға еңгізгеннен кейін өткізіледі. Бұл сынақтар қондырғыны тасымалдау және орнату кезінде пайда болған ақауларды анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар оқшауламаны қабылдау-тапсыру сынағы қондырғыны жөндеуден кейін іске қосқанда өткізіледі [22, 61, 62].

Оқшауламаны қабылдау-тапсыру сынағының сапасын анықтау үшін келесі әдістер қолданылады:

- оқшауламаның қысқа уақыттық электрлік төзімділік деңгейін анықтау үшін пайдалану кезінде болатын асқын кернеуге эквивалентті жоғары кернеуді жіберу арқылы;
- оқшаулама сипаттамасын өлшеу ($\text{tg}\delta$ мәнін) және ұзақ уақыттық электрлік төзімділік деңгейін бағалау үшін жұмыс кернеуінен жоғары кернеуде сынау;
- оқшаулама күйін және оның ұзақ уақыт іске жарамдылығын жанама түрде бағалау мақсатындағы сынаудың электрлік және электрлік емес әдістері.

Оқшаулама күйін кезеңдік бақылауды өз кезегінде екі топқа бөлуге болады: жұмыс кернеуін өшіру арқылы және жұмыс кернеуі қосулы күйінде [18, 22, 56].

Бірінші жағдайда оқшаулама кедергісін мегомметрмен өлшейді. Оның жұмыс принципі бақыланатын желіге тұрақты оперативті ток өткізуге негізделген. Бұл кезде электрлік аппарат, трансформатор, қозғалтқыш және желінің жекелеген жерлеріндегі кедергіні де анықтауға болады.

Бұл әдістің артықшылығы: сыналатын қондырғыда кернеудің болмауы арқасындағы сынақтың қауіпсіздігі.

Кемшілігі: бүкіл желі емес, тек жекелеген жерлер ғана сыналады және де өлшеу кезіндегі асқын кернеу жаңа оқшауламаны зақымдауы мүмкін.

Жұмыс кернеуі қосулы күйде оқшаулама күйін кезеңдік бақылауды 1.1 суретте келтірілгендей классификациялауға болады [18, 22, 56].

Оқшаулама күйін үздіксіз бақылау деп, желінің оқшаулама күйі туралы мәлімет алуды, алынған мәліметті электр қауіпсіздік параметрі бойынша талқылау және қажетті амалдарды қолдануды айтады [22].

Оқшаулама күйін үздіксіз бақылаудың әр түрлі әдістері мен сұлбалары бар. Оның көп бөлігі кернеулі күйде жұмыс істейді. Токсыз үзіліс кезінде жұмыс істейтін алдын-ала бақылау сұлбалары ерекше топты құрайды. Оқшаулама күйін үздіксіз бақылау әдістерінің классификациясы 1.2 суретте келтірілген [18, 22].

Оқшаулама күйін үздіксіз бақылау келесі тапсырмаларды шешеді [22]:

- электр қондырғының барлық жұмыс кезеңіндегі жерге қатысты желі оқшауламасының кедергісін өлшеу;

- желі оқшауламасының кедергісі алдын-ала қойылған мәннен төмендеген кезде автоматты дабылды (дыбыс немесе түрлі түсті жарық) жүзеге асыру;

- оқшауламаның апатты күйінде толық желіні немесе жекелеген аудандарын өшіру.

Оқшаулама күйін үздіксіз бақылауды жүзеге асыратын аспаптар келесі талаптарды қанағаттандыруы керек:

- оқшаулама кедергісінің жерге қатысты симметриялы және симметриялы емес төмендеуіне әсер ету;

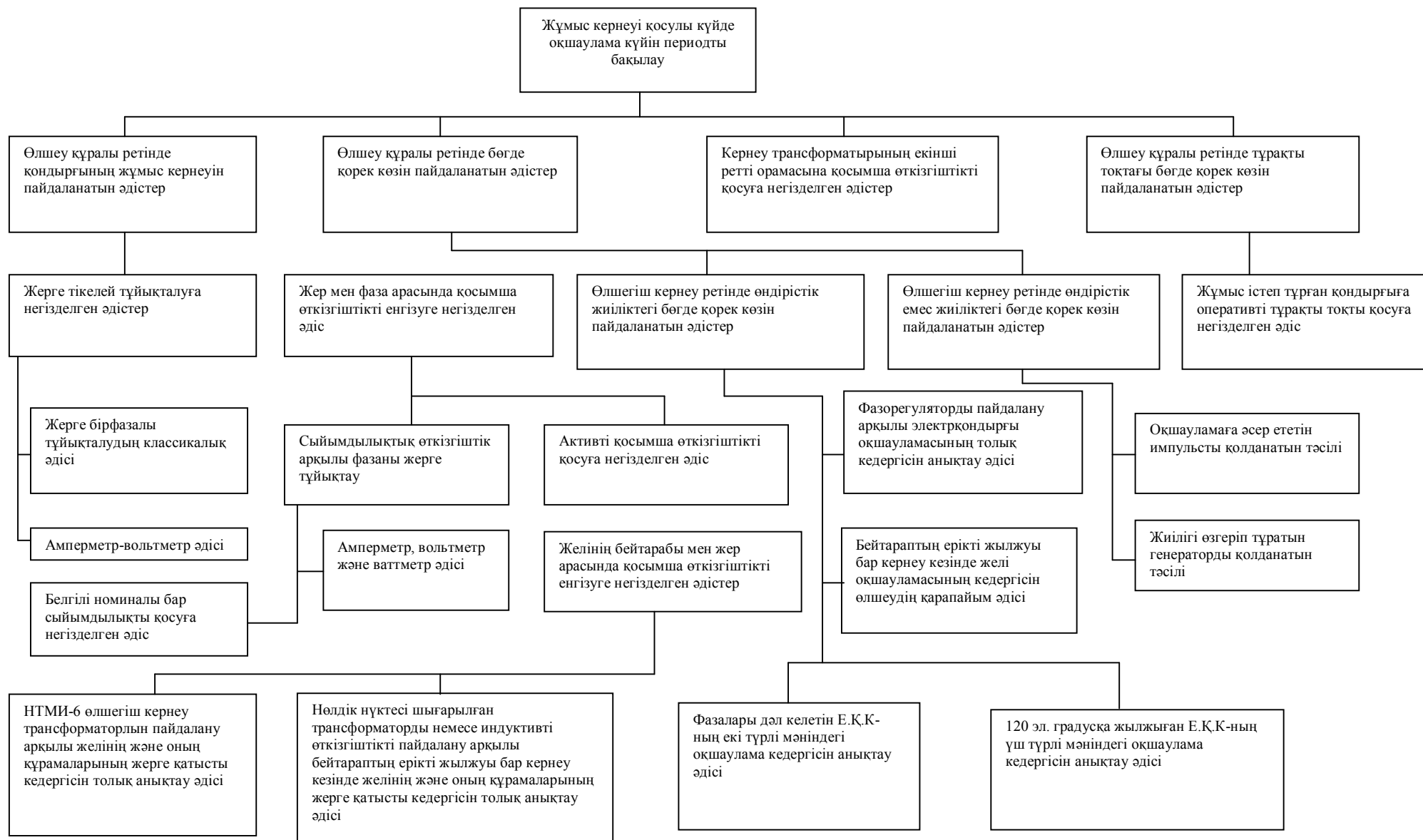
- сұлбаның жоғары ішкі кедергісі болуы керек, ол өз кезегінде аспапты желіге қосқанда желінің жерге қатысты жалпы кедергісінің айтарлықтай төмендеуіне әкелмейді;

- жоғары сезімталдыққа ие болуы керек;

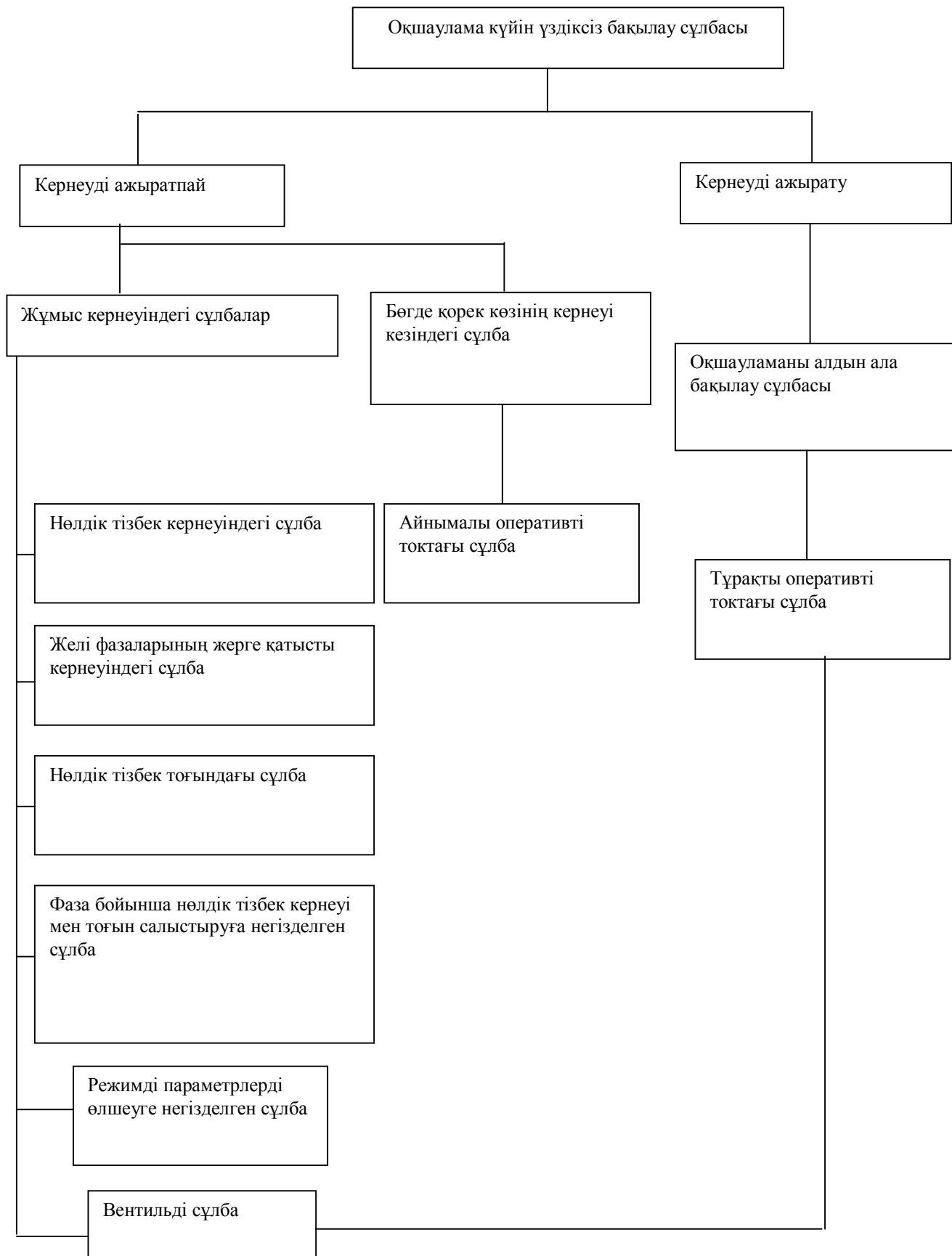
- коммутациялы өтпелі процесстер кезінде жалған дабыл бермеуі керек (желіні немесе жекелеген аудандарын кернеуге қосу және т.б.);

- бақыланатын желінің кедергісі ауытқыған кездегі өлшеулердің дәлдігін қамтамасыз етуі керек;

- әр түрлі ақаулар кезінде жеткілікті сенімділікке ие болуы керек.



Сурет 1.1 – Оқшаулама күйін кезеңді бақылау әдістерінің классификациясы



Сурет 1.2 – Оқшаулама күйін үздіксіз бақылау әдістерінің классификациясы

1.3 Төменгі кернеудегі желіге жоғары кернеудің өтуінен қорғайтын құрылғылардың анализі

Трансформатордың төменгі және жоғары орамаларының өзара тұйықталуы кезінде төменгі кернеудегі желіге аса үлкен кернеу өтеді, ал бұған желі мен қондырғылардың оқшауламасы есептелмеген. Ең жиі кернеуаралық өтулер 6000 және 10000 В желі мен 380 В желі арасында болады [76].

Егер жоғарғы және төменгі кернеудегі желілер оқшауланған бейтараппен жұмыс істесе, онда кернеу өтуі кезінде жерге қатысты фазалардың біреуі жоғарғы және төменгі жақтардың фазаларының қосындысына тең мәнге ие болады, ал қалған екі фаза-жоғары кернеулі жақтың фаза кернеуі мәнінен сәл төмен кернеуге ие болады. Осындай өтулердің салдары болып қондырғы корпусына тұйықталу, қадам және түйісудің жоғары кернеуінің пайда болуы болып табылады.

Егер төмен кернеу желісінің бейтарабы жерлендірілсе, онда жоғары кернеудің өтуі жерге тұйықталу болып табылады. Осы кезде кез-келген фаза кернеуі жерге қатысты төмен кернеу желісінің бейтарап кернеуі және осы желінің фаза кернеуінің қосындысымен анықталады, ал қалған екі фаза кернеуі осы желінің төмен кернеуінен кем болады. Нөлдік сымды қайта жерлендіру жоғарыда аталған айырмашылықты одан әрі төмендетеді [76].

Егер төмен кернеулі желіде бейтараптың саңырау жерлендіруі мүмкін болмаса бейтарапты жерлендіргіш құрылғымен қосу тесіп өткіш сақтандырғыш арқылы жүзеге асырылады. Бейтарап (трансформатор орамасын үшбұрыштап қосу) болмаса төмен кернеулі желінің бір фазасын тесіп өткіш ажыратқыш арқылы жерлендіреді [76].

Мұндай кернеу өтуі күтуші қызметкерлерге және өрт қатынасынан қауіпті. Бұл тектес қауіп көбіне электрқұрылғылардың жылжымалы трансформаторларына, электр сварканың жылжымалы аппараттарына төнеді.

Төмен кернеулі жақта жоғары кернеу қауіпі пайда болғанда слюдалы прокладкалардың ауа қуыстары электрлік доға арқасында тесіп өтіледі, төменгі кернеулі орама жермен қосылады және нөлге тең потенциалға ие болады.

Тесіп өткіш ажыратқыштарды жоғары кернеуі 3000 В болатын желілерде қолданады. Жоғары кернеудің өтуі кезінде тесіп өткіш ажыратқыш жоғары жақтың кернеуіне ие болып, тесіп өтіледі. Жерлендіру тізбегі тұйықталады және бейтарап немесе фаза жерлендірілген болып шығады. Бұл төмен кернеулі желідегі кернеуді төмендетеді және жоғары кернеудегі желіде қорғау құрылғысын іске қосады. 3000 В аспайтын жоғары кернеуде тесіп өткіш ажыратқыш іске қосылмайды, сол себепті төменгі кернеулі желінің бейтарабы жерлендіріледі.

Кернеуі 1000 В дейінгі желілерде төменгі кернеудегі желіге жоғары кернеудің өтуі қауіпінен қорғау үшін шығыс сымдарының біреуін немесе төмен кернеу орамасының ортаңғы сымын жерлендіреді (нөлдік сымға қосады) немесе жерлендірілген экранды немесе трансформатордың төменгі

және жоғары кернеулер орамасы арасындағы экранды ораманы қолданады. Жерлендірілген экран немесе экранды ораманың болуы кезінде жоғары кернеудің төменгі желіге өтуі мүмкін емес.

Тесіп өткіш сақтандырғыш төменгі кернеу орамасында және онымен байланысты электрлік желіде жоғары электрлік потенциалдың пайда болуын алдын алады.

Жоғары электрлік потенциал төмен және жоғары кернеудің орамаларының арасындағы оқшауламаның ақаулануына байланысты пайда болады, сонымен қатар ұзақ уақыт бір орамадан екінші орамаға шоқтың түсуі салдарынан пайда болады.

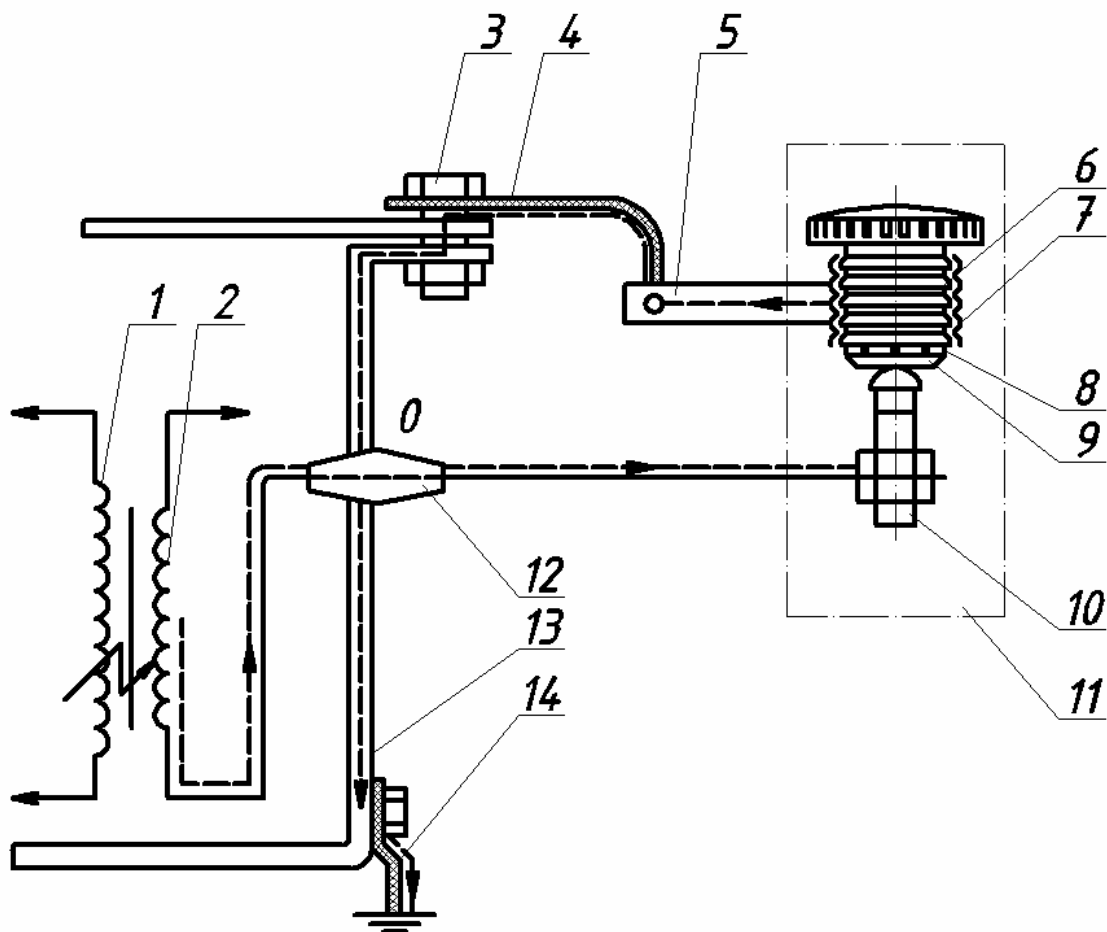
Төменгі кернеу орамасына өтетін жоғары электрлік потенциал оқшауламаны болат стерженьге және трансформатор бағына тесіп өтеді. Бұдан асқан қауіп болып жоғары электрлік потенциалдың төменвольтты желіге өтуі болып табылады. Осының салдарынан желі жерге қатысты өте үлкен кернеуге ие болады. Жоғары кернеу желінің жұмысын қамтамасыз ететін жұмыскерлерге өте қауіпті. Жоғары кернеу төменвольтты оқшауламаны тесіп өтіп, жану қаупі туады.

Сақтандырғыш фарфордан жасалған қалың қабырғалы оқшаулама қабықшаларына бекітілген екі электродтан тұрады. Қабықшалардың бірі корпус ретінде болады, оның ішіне мыс контактілері орнатылады. Ал екінші фарфорлы қабықшада да мыс контакт болады, ол өз кезегінде бірінші қабықшадағы контактіге жақын тұрады.

Контактілер бір-біріне тікелей қосылмайды, себебі арасында саңылау бар слюдалы шайба орнатылады.

Сақтандырғыш контактілерінің біреуі төменгі кернеу орамасымен қосылған. Ал екінші бакқа қосылады. Ол бак барлық трансформаторларда жерлендірілуі тиіс. Төменгі кернеу орамаларына жоғары электрлік потенциал туралы мәлімет келгенде слюдалы шайба арасындағы саңылауды тесіп өтеді (ауа электрлік өткізгіштік болады). Нәтижесінде төменгі кернеу орамасы және онымен байланысты желі жерлендірілген болып табылады және жоғары электрлік потенциал жерге өтеді.

Тесіп өткіш сақтандырғышты термометр сияқты төмен кернеу кірісіне (өтпелі изоляторларға) орнатады. Төменгі кернеуі 525 В дейінгі барлық трансформаторларды тесіп өткіш сақтандырғыштармен қамтамасыз етеді. Тесіп өткіш ажыратқыштың жұмыс істеу және қосылу сұлбасы 1.3 суретте келтірілген.



Сурет 1.3 – Тесіп өткіш ажыратқыштың жұмыс істеу және қосылу сұлбасы

Тесіп өткіш ажыратқыштың жұмыс істеу және қосылу сұлбасы: 1,2 – жоғары және төмен кернеу орамалары; 3 – бак қақпағын бекіту болты; 4 – қоспа; 5 – ажыратқыш скобасы; 6,9 – контактінің жоғары және төменгі жағы; 8 – ұшқын аралығы бар слюдалы төсеіме; 10 – орталық контакт; 11 – тесіп өткіш ажыратқыш; 12 – бейтарап кірісі; 13 – бак қабырғасы; 14 – бакты жерлендіретін қоспа.

Орталық контактіні (10) «жұлдызша» сұлбасы кезінде төмен кернеу орамасының бейтарап кірісімен (12) қосады немесе «үшбұрыш» сұлба кезінде тізбектік кіріске қосады. Ал төменгі контактіні жерлендірілген бакпен жалғайды.

Асқын жүктеме немесе қысқа тұйықталу кезіндегі аса жоғары мәнді токтардан трансформаторды қорғайтын аспаптарды екі топқа бөлуге болады: жоғары кернеу жағынан қорғау және төменгі кернеу жағынан қорғау.

Максималды токтан қорғау аспаптары токтың шамасы берілген мәннен асқан кезде әсер етеді. Бұл қорғау түрі балқыма сақтандырғыштардың немесе оперативті токтағы (айнымалы ток) реле көмегімен жүзеге асады.

Трансформаторларды жоғары кернеу жағынан қорғау үшін ПК типті жоғары вольтты сақтандырғыштарды (кварцты құмы бар сақтандырғыштар) қолданады. Олар өте жоғары (200000 кВт) өшу қабілетіне ие және де әсер ету уақыты 0,0005-0,008 секундқа тең.

Кварцты сақтандырғыштың жоғары өшу қуаты және әсер етудің аз уақыты жеңіл балқытын металдарды (қорғасын) қолдану арқасында жүзеге асады. Ол металдарды мыс сымдарына шар тәрізді пішінде балқытын қосады. Аса үлкен токтардың әсерінен қызу кезінде шар балқи бастайды және вставка материалын ерітеді. Вставкалардың еруі кезінде пайда болатын доға кварц құмының арасындағы саңылауларда ұсақ бөліктерге бөлінеді. Салқындатудың үлкен ауданының арқасында доғаның ұсақ бөлшекті тез өшеді.

Тәжірибе көрсетуі бойынша тізбектегі жоғары мәнді апаттық токтар сақтандырғыш өзінің максималды мәніне жеткенше дейін өшеді. Бұл өз кезегінде трансформаторда өрт қаупін алдын алады.

Апаттық ток тізбегінің сақтандырғышпен тез ажыратылуы тізбекте U_{ϕ} мәні бес есе үлкен асқын кернеуді тудырады. Асқын кернеуді төмендету үшін сақтандырғыш патронының негізгі сымдарына паралелль қосалқы сымдар жалғайды, бұл сымдар сатылы қимасы бар ұшқын аралықтардан тұрады. Негізгі сымдар балқығаннан кейін қосалқы сымдар да балқи бастайды. Осы кезде асқын кернеу мәні айтарлықтай кемиді.

Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтарабы бар үшфазалы ток желісін қорғау тесіп өткіш сақтандырғыш арқылы жүзеге асырылады. Бұл сақтандырғыш өзара слюдалы прокладкамен оқшауланған метал дисктардан тұрады. Қалыпты жұмыс тәртібінде диск арасындағы ауа саңылауы төмен вольтты ораманың бейтарабын жерден оқшаулайды. Жоғары вольтты ораманың төмен вольтты орамаға тесіп өтуі кезінде сақтандырғыштың слюдалы прокладкасының арасындағы ауа саңылауының тесіп өтілуі болады.

Осы кезде апаттық ток желісі төмен кернеулі желінің жерлендіргішінің кедергісі арқылы және жоғары кернеулі желінің сыйымдылығы арқылы тұйықталады (сурет 1.4). Сақтандырғыштың тесіп өтуі кезінде қорғаныс аппараттары іске қосылып, трансформатор тез арада желіден ажыратылады.

Жоғары кернеуі 1000 В аз және төмен кернеуі 100 В аз трансформаторларда тесіп өткіш сақтандырғыштар пайдаланылмайды. Себебі бұндай кернеулерді олар сенімді емес. Төмен кернеулі орамасының кернеуі 100 В төмен болатын трансформаторларда (мысалы ток және кернеудің өлшегіш трансформаторлары) тесіп өткіш сақтандырғыш орнына жерлендіргіш желіге екінші ретті ораманың қысқышы қосылады.

1.4 Тесіп-өткіш сақтандырғыштардың жұмыс күйін тексеретін құрылғыларды зерттеу

Оқшауланған бейтарабы бар желіні қауіпсіз эксплуатациялаудың негізгі шарты болып тесіп өткіш сақтандырғыштардың күйін бақылау болып табылады.

Тесіп өткіш сақтандырғыштар 1000 В дейінгі оқшауланған бейтарабы бар желілерде 1000 В жоғары кернеудің пайда болуынан қорғау үшін пайдаланылады. Қажетті разрядтық сипаттаманы қамтамасыз ететін тесіп өту аралығын дәл құру үшін тесіп өткіш сақтандырғыштардың электродтарының арасында белгілі қалыңдығы бар 4 саңылаулы слюдалы прокладка орналастырылады.

Эксплуатациялау кезінде асқын кернеу кезінде тесіп өткіш сақтандырғыштар істен шығады және басқа себептердің салдарынан да істен шығуы мүмкін.

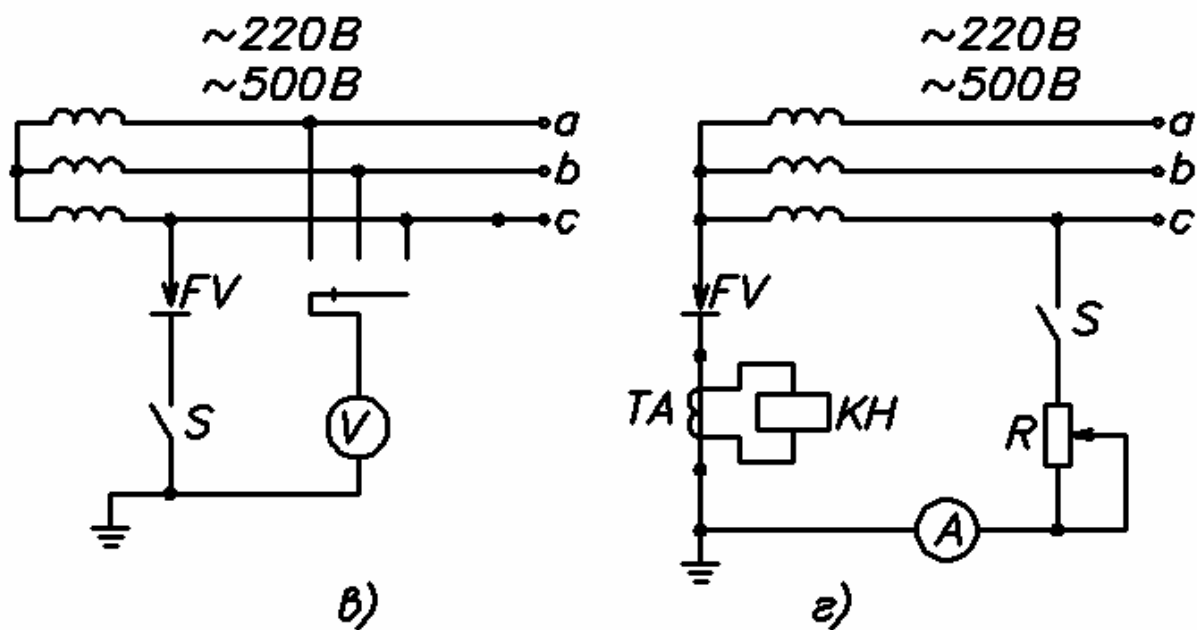
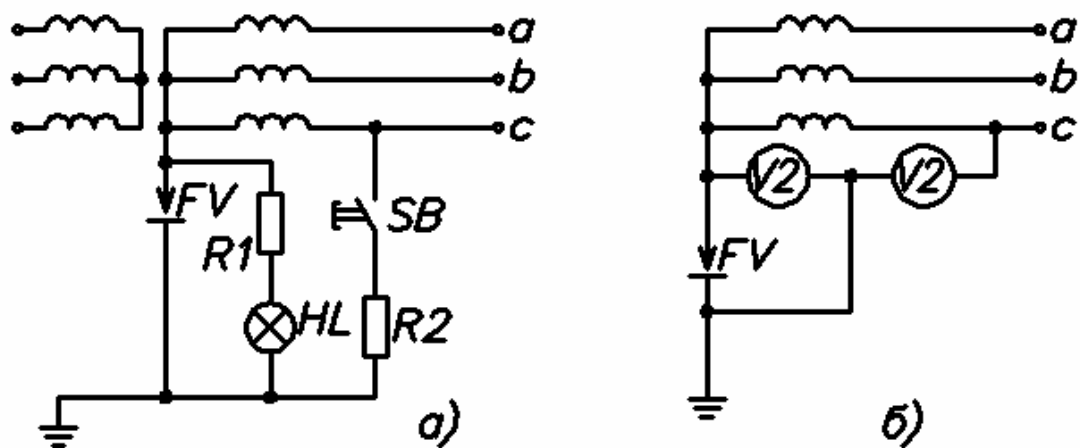
Тесіп өткіш сақтандырғыштың сенімді жұмыс істеуі үшін оның құрамаларының дұрыс жинақталып, техникалық жай-күйі үздіксіз қадағаланып отыруы керек. Сол себепті электрқондырғылардың құрылғыларының ережесі тесіп өткіш сақтандырғыштарды 1000 В қондырғыларда эксплуатацияға қосу алдында жай-күйін тексеріп отыруды талап етеді. Талаптарға сай [75] тесіп өткіш сақтандырғыштардың күйін құрылғыны өшуден кейін қайта қосуда немесе әр жөндеу жұмыстарынан кейін тексеріп отыру керек және де $\sim 220-500$ В іске қосылу ықтималдығы болса. Трансформаторды тексеру кезінде тесіп өткіш сақтандырғыш та тексеріледі. Өрт және жарылу қаупі бар қондырғыларда тесіп өткіш сақтандырғыштар айына бір рет тексеріліп отыру керек.

Тесіп өткіш сақтандырғыштарды бақылаудың бірнеше сұлбасы бар. Сұлбалардың көбі тесіп өткіш сақтандырғыштарға параллель түрде R1 қосалқы резисторы бар HL газоразрядты лампаны қосуға негізделген.

Бұл кезде сақтандырғыштың күйін бақылау R2 шектеуші резистор арқылы желінің бір фазасын қысқауақыттық еріксіз жерлендіру кезіндегі L шамының жағылуы арқылы жүзеге асырылады (сурет 1.4, а).

Бұндай сұлбалардың кемшіліктері:

- 1) бақылау тұрақты емес;
- 2) сақтандырғыштың электродтары арасындағы металды тұйықталу ғана бақыланады;
- 3) тесіп өткіш сақтандырғыш үнемі бақыланатын аспап арқылы шунтталады, осының салдарынан сақтандырғыш асқын кернеуде іске қосылмауы мүмкін;
- 4) сақтандырғыш күйін тексерген кезде қондырғыларды эксплуатациядың электр қауіпсіздігі төмендейді. Себебі фазалардың біреуі резистор арқылы жерлендіріледі. Ал резистордың кедергісі газоразрядты (неонда) шамның қалыпты жағылуын қамтамасыз ету үшін жеткілікті түрде төмен болуы керек.



Сурет 1.4 – Тесіп өткіш сақтандырғыштардың күйін бақылау сұлбасы

Тесіп өткіш сақтандырғыштардың күйін екі вольтметрды пайдалану арқылы бақылау сұлбасы (сурет 1.4, б) алдындағы сұлбамен салыстырғанда айтарықтай жетілдірілген, дегенмен төменгі кемшіліктерге ие:

1) сақтандырғышты тесіп өткенде дабыл сигналы жоқ, сол себепті сақтандырғышты тесіп өтуден кейін разрядты аралық қалпына келеді де, тесіп өту тіркелмейді;

2) тесіп өткіш сақтандырғыш үнемі V2 вольтметрмен шунтталған, яғни фаза немесе бейтарап жермен электрлік байланыста.

Сонымен қатар бұл сұлба тек аз арақашықтағы желілерде оң нәтижесін береді, яғни аз ток жоғалғанда. Ұзақ қашықтықтағы желілерде бір вольтметр жиі нөлді көрсетеді, ал екіншісі тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтіндігіне қарамастан фазалы кернеуді көрсетеді.

Кернеуі 1000 В дейінгі таратушы құрылғының бөлмесінде айырғышқа дейін пакетті ажыратқыш арқылы сақтандырғышты фазалы сымға жалғау арқылы сақтандырғыштың күйін бақылау сұлбасы қолданылуы мүмкін (сурет 1.4, в). Бұл кезде тесіп өту сақтандырғышының тесілуін оқшаулама күйін бақылайтын вольтметр көрсетеді. Пакетті ажыратқыш жерге тұйықталу немесе тесіп өткіш сақтандырғыштың тесіп өтілуі болғанын анықтау үшін қажет. Соған қарамастан сұлба кемшіліктерге ие.

1) сақтандырғыштың күйі үнемі бақыланбайды және оның тесіп өтілуі кезінде дабыл сигналы жоқ;

2) ажыратқышты тесіп өту сақтандырғышының желісіне қате қосу кезінде сақтандырғыштың жалған өшуіне әкеліп соғады.

Өнеркәсіп орындарының бірінде тесіп өткіш сақтандырғышының күйін бақылау үшін трансформатор бейтарабында орналастырылған РС ЭС-21 дабыл сигналы мен ток трансформаторы бар сұлба қолданылады (сурет 1.4, г). Сақтандырғыш күйін бақылау үшін кезекші персонал тізбекке R резисторын қосады, ал оны қайта өшіргенде тізбекте токтың жоқтығына көз жеткізеді. Егер ток пайда болып, оқшауламаны бақылау аспаптары ақауды тіркемеген болса, онда сақтандырғыш тесіліп өткен деп саналады. Оның күйі туралы нақты қорытындыны дабыл релесі іске қосылатын ток шамасына дейін токты өсіру арқылы білуге болады. Бұл сұлба келесі кемшіліктерге ие:

1) сақтандырғышты тесіп өтетін ток шамасына төмен сезімталдық, себебі РС релесінің бірінші ретті іске қосылуының ток шамасы 13-15 А ғана. Ток трансформаторының (ТЗР немесе ТЗЛ) бірінші ретті орамасының санын арттыру арқылы бұл құрылғының сезімталдығын өсіре алмаймыз, себебі тесіп өткіш сақтандырғышының тізбегінде айтарлықтай индуктивті кедергі пайда болады. Бұл кедергінің пайда болуы сақтандырғышты пайдалану идеясына қайшы келеді;

2) сақтандырғышты тексеру кезінде R резисторды тізбекке қосқанда фазалардың біреуі аз кедергі арқылы жерлендіріледі, бұл тізбекте электрқауіптілікті артады.

«Союзхимпромэнерго» -да құрылғы ойлап табылды. Ол жоғарыда аталған кемшіліктерсіз, айтарлықтай артықшылықтары бар. 350 және 700 В кернеуде тесіп өтудің дабыл сигналын пайдалану арқылы тесіп өткіш сақтандырғыштардың күйін бақылауды жүзеге асырады [75].

1.5 Зерттеу тапсырмалары

Диссертациялық жұмыста зерттеу есептері анықталды және сұрақтың күйін зерттелуі жүргізілді.

Зерттеу есептерін шешу үшін келесіні әзірлеу қажет:

- кернеуі 1000 В дейінгі симметриялық емес желілерінде оқшаулаудың параметрлерін анықтау әдісі;
- тау-кен кәсіпорындар үшін кернеуі 1000 В дейінгі ажыратылған бейтарап симметриялық емес желіде оқшаулаудың параметрлерін анықтау әдісі;
- тау-кен кәсіпорындар үшін кернеуі 1000 В дейін ажыратылған бейтарап симметриялық емес желіде ток кемуді анықтау әдісі;
- кернеуі 1000 В дейінгі симметриялық емес желісіндегі жанасу кернеуін анықтау әдісі;
- экскаваторлардағы желідегі кернеуі 1000 В дейінгі пайдалы қазбаларды ашық тәсілімен өндіру және көмір кен орындарын құрастығандағы оқшаулау жағдайы және токтың бірфазалы жерге тұйықталудың эксперименталды зерттеуі;
- кернеуі 1000 В дейінгі экскаваторларда қалыпты және авариялық режимде ажыратылған бейтарап үшфазалы электрлік желідегі электрқауіпсіздік критерийлерінің қорғаныс ажырату құрылғыларды зерттеу;
- тау-кен кәсіпорындарда кернеуі 1000 В дейінгі желі үшін тесіп өткіш сақтандырғыш құрылғысының бүтіндігі.

2 КЕРНЕУІ 1000 В ДЕЙІНГІ ОҚШАУЛАНҒАН БЕЙТАРАБЫ БАР СИММЕТРИЯЛЫ ЕМЕС ТОРАПТА ОҚШАУЛАМА ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕСІН ҚҰРУ

2.1 Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтарабымен үшфазалық симметриялы емес электрлік тораптағы оқшаулама параметрлерін анықтау әдісінің теориялық негіздері

Тау-кен кәсіпорындарда электрқауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін жанама өлшеулер негізінде оқшаулама параметрлерін анықтау әдістері құрастырылды.

Тау-кен кәсіпорындары үшін кернеуі 1000 В дейінгі электрқондырғылардың күйін бақылаудың дамуына орасан зор үлесін Мәскеулік таулы-техникалық академиясының ғалымдары қосты.

Бейтарабы оқшауланған торапта оқшаулама параметрлерін анықтаудың неғұрлым эффективті әдісін құрастырған профессор Л.В. Гладилинің амперметр-вольтметр әдісі болып табылады. Профессор Л.В. Гладилимен құрастырылған әдіс бойынша 1946 жылы тораптың қандай да бір фазасын жерге қосу жолымен жерге тұйықталудың тура тогының мәнін өлшеу, сонымен қатар қосымша өткізгіштік арқылы өтетін токтың шамасын және жермен қосымша белсенді немесе сыйымдылық өткізгіштікті жерге байланысты қосуға дейін және кейін торап фазасының кернеуін өлшеу негізінде жасалған амперметр-вольтметр әдісі өнертабысына патент алынды [22].

Алынған өлшеулер негізінде I_0 – жерге торап фазасын тура қосумен жерге тұйықталудың толық тогы, U_ϕ модульдердің шамасын өлшеу, $U_{\phi 0}$ – қосымша өткізгіштікті жерге қосуға дейінгі және кейінгі торап фазасының кернеуі және токты өлшеу, I'_0 – қосымша өткізгіштік арқылы өтетін ток, сонымен қатар қосымша қосылатын өткізгіштіктің шамасы математикалық тәуелділіктер бойынша оқшаулама параметрлері анықталады:

– торап оқшауламасының толық өткізгіштігі

$$y = \frac{I_0}{U_\phi}, \quad (2.1)$$

– торап оқшауламасының сомалық өткізгіштігі

$$y_\Sigma = \frac{I'_0}{U_\phi}, \quad (2.2)$$

а) g_0 қосымша белсенді өткізгіштікті еңгізу кезінде:

– белсенді өткізгіштік келесі формула бойынша анықталады

$$g = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2 - g_0^2}{2g_0}, \quad (2.3)$$

– торап оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштігі

$$b = \sqrt{y^2 - g^2}, \quad (2.4)$$

б) b_0 қосымша сыйымдылық өткізгішті еңгізу кезінде:

– торап оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштігі

$$b = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2 - b_0^2}{2b_0}, \quad (2.5)$$

– торап оқшауламасының белсенді өткізгіштігі

$$g = \sqrt{y^2 - b^2}. \quad (2.6)$$

Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар симметриялы емес үшфаздық электрлік торабында оқшаулама параметрлерін амперметр-вольтметр әдісі бойынша анықтаған кезінде анағұрлым қателіктерден тұрады. Амперметр-вольтметр әдісі бойынша оқшаулама параметрлерін анықтағанда қателіктер артуының себебі, бұл зерттелетін торапта жерге байланысты қандай бір фаза зақымдалған кезінде белсенді өткізгіштіктен тұратындығынан болып табылады.

Жерге байланысты қандай да бір фаза зақымдалған кезінде фаза белсенді өткізгіштіктен – g_0 тұрады, соның әсерінен үшфаздық электрлік торап симметриялы емеске айналады.

Симметриялы емес үшфаздық торапта (2.3) формуласы бойынша торап оқшауламасының сомалық өткізгіштігін анықтаймыз [22]

$$y_{\Sigma} = \sqrt{y^2 + g_0^2 + 2gg_0}, \quad (2.7)$$

(2.7) формуласын келесі түрге келтіреміз

$$y_{\Sigma}^2 = y^2 + g_0^2 + 2gg_0, \quad (2.8)$$

Жерге байланысты қандай да бір фаза зақымдалуда пайда болған, яғни белсенді өткізгіштікті шунттағанда электрлік тораптағы зақымдалған фазаға қосымша белсенді өткізгіштікті еңгізу кезінде (2.8) формула келесі түріне ие

болады

$$y_{\Sigma 1}^2 = y^2 + (g_0 + g_1)^2 + 2g \cdot (g_0 + g_1). \quad (2.9)$$

(2.8) және (2.9) теңдеулерін бірге есептей отырып, торап оқшауламасының белсенді өткізгіштігі анықталады

$$g = \frac{y_{\Sigma 1}^2 - y^2 - (g_0 + g_1)^2}{2(g_0 + g_1)}. \quad (2.10)$$

Амперметр-вольтметр әдісі бойынша торап оқшауламасының белсенді өткізгіштігін (2.3) және (2.10) теңдеуден анықталған оң жақ мәндерін теңестіріп, жерге байланысты қандай да бір фаза зақымдалған кезінде пайда болған белсенді өткізгіштік – g_0 келесі математикалық тәуелділік бойынша анықталады [69].

$$g_0 = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2}{y_{\Sigma 1}^2 - y_{\Sigma}^2} \cdot g_1, \quad (2.11)$$

Торап оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштігі торап оқшауламасының белсенді және толық өткізгіштіктерінің геометриялық айырымымен анықталады [10, 40, 53].

Торап оқшауламасының толық өткізгіштігінің шамасын анықтау әдісі құрастырылған барлық әдістерімен салыстырғанда жоғары дәлдікке ие. Өйткені торап оқшауламасының толық өткізгіштігін есептегенде, өлшеуіш құралдар вольтметр және амперметрдің дәлдік класы бойынша анықталатын тікелей қателіктермен бірге көрсетулері жолымен тура өлшеулер арқылы табылатын сызықтық кернеу модульдерінің және тұйықталудың толық тогының шамалары қолданылды.

Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар үшфаздық симметриялы емес электрлік торабында оқшаулама параметрлерін анықтау әдісі арнайы өлшеуіш құралдарды қажет етпейді, өйткені қолданылатын өлшеуіш құралдар энергошаруашылықтың пайдалану қызметінде бар.

2.2 Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар симметриялы емес торабында оқшаулама параметрлерін анықтау әдісі

Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар симметриялы емес торабында оқшаулама параметрлерін анықтайтын бар әдістер анағұрлым қателіктерден тұрады.

Тау-кен кәсіпорындарда кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар симметриялы емес торабында оқшаулама параметрлерін анықтау үшін сызықтық кернеу шамасын өлшеу, қосымша белсенді өткізгіштікті жерге

және оның арасына қосуға дейінгі және кейінгі фаза кернеуі бойынша жерге байланысты бірфазалы тұйықталу тогының шамасын өлшеу негізінде әдіс құрастырылды.

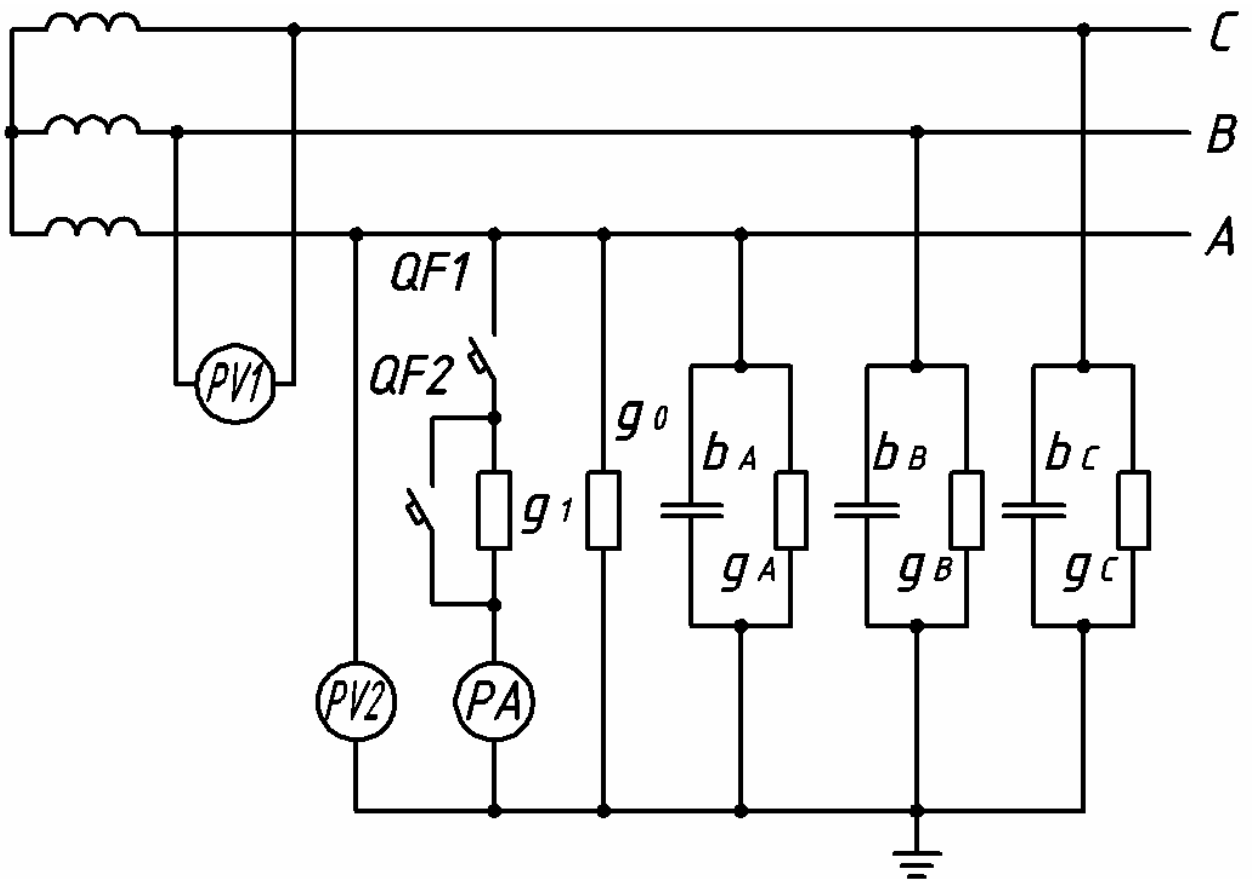
Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар симметриялы емес торабында оқшаулама параметрлерін анықтайтын құрастырылған әдістің электрлік принципалды сұлбасы 2.1 суретте түсіндіріледі. Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар симметриялы емес торабында оқшаулама параметрлерін анықтаудың электрлік принципалды сұлбасы:

- А, В және С фазаларымен үшфаздық электрлік тораптан;
- PV1 – В және С фазаларының арасындағы сызықтық кернеу шамасын өлшейтін вольтметрден;
- PV2 – қосымша белсенді өткізгіштікті жерге байланысты қосқанға дейінгі және кейінгі А фазасының кернеу модулінің шамасын өлшейтін вольтметрден;
- QF1 – қосымша белсенді өткізгіштікті шунттау жолымен жерге фазаны тұйықтағанда оқшаулама күйін деңгейін төмендететін электрлік торабында зақымдалған фазаны қосатын жүктеме ажыратқыштан;
- QF2 – қосымша белсенді өткізгіштікті шунттайтын жүктеме ажыратқыштан;
- g_1 – қосымша белсенді өткізгіштіктен;
- PA1 – жерге тұйықталу ток модулінің шамасын өлшейтін амперметрден;
- g_0 – жерге байланысты торап фазасы зақымдалған кезінде пайда болған белсенді өткізгіштіктен;
- b_A, b_B, b_C – желі оқшауламасының сыйымдылық өткізгіші;
- g_A, g_B, g_C – желі оқшауламасының белсенді өткізгіштері.

Құрастырылған әдіс бойынша кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар симметриялы емес торабында оқшаулама параметрлерін анықтау келесідей жүргізіледі:

А, В және С фазаларымен үшфаздық электрлік торабында; PV1 – вольтметрмен В және С фазалары арасындағы сызықтық кернеу модульдерінің шамасын өлшеуі жүргізіледі, ал PV2 – вольтметрмен жерге байланысты А фазасының кернеу модулінің шамасы өлшенеді. В және С фазалар арасындағы және А фазасының сызықтық кернеу модульдерінің шамасы өлшегеннен кейін, g_1 – жер мен электрлік тораптың А фазасы арасына QF1 – ажыратқышы арқылы қосымша белсенді өткізгіштіктің қосылуы және PV2 – вольтметрмен жерге байланысты А фазасының кернеу модулінің шамасы өлшенуі жүргізіледі.

Жер мен электрлік тораптың А фазасы арасындағы g_1 – қосымша белсенді өткізгіштікке қосылған жерге байланысты А фазасының кернеу модулінің шамасын өлшегеннен кейін, жерге байланысты торап фаза зақымдалған кезінде QF2 – жүктеме ажыратқышы арқылы g_1 – қосымша белсенді өткізгіштік және g_0 белсенді өткізгіштік шунтталады; және PA1 – амперметрмен жерге бірфазалы тұйықталу тогының шамасы өлшенеді. Жерге бірфазалы тұйықталу тогы модулінің шамасы өлшенгеннен кейін QF1 және QF2 жүктеме ажыратқыштардың өшірілуі жүргізіледі.



2.1 сурет – Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриялы емес торапта оқшаулама параметрлерін анықтаудың принципіалды электрлік сұлбасы

$U_{\text{л}}$ сызықтық кернеу модулінің және $U_{\text{фо}}$ және $U_{\text{фо1}}$ жерге байланысты қосымша белсенді өткізгіштікті қосқанға дейінгі және кейінгі фаза кернеуінің, I_0 жерге бірфазалы тұйықталу тогының шамалары алынған өлшеулер негізінде келесі математикалық формулалар бойынша оқшаулама параметрлері анықталады:

- торап оқшауламасының толық өткізгіштігі

$$y = \frac{I_0 \sqrt{3}}{U_{\text{л}}}, \quad (2.12)$$

- жерге байланысты торап фазасы зақымдалған кезінде пайда болған белсенді өткізгіштік

$$g_0 = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2}{y_{\Sigma 1}^2 - y_{\Sigma}^2} \cdot g_1, \quad (2.13)$$

мұндағы y_{Σ} – қосымша белсенді өткізгіштікті қосқанға дейінгі торап оқшауламасының сомалық өткізгіштігі

$$y_{\Sigma} = \frac{I_0}{U_{\text{фо}}}, \quad (2.14)$$

$y_{\Sigma 1}$ – қосымша белсенді өткізгіштікті қосқаннан кейінгі торап оқшауламасының сомалық өткізгіштігі

$$y_{\Sigma 1} = \frac{I_0}{U_{\text{фо1}}}, \quad (2.15)$$

- торап оқшауламасының белсенді өткізгіштігі

$$g = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2 - g_0^2}{2 \cdot g_0}, \quad (2.16)$$

- торап оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштігі

$$b = \sqrt{y^2 - g^2}. \quad (2.17)$$

Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралымен симметриялы емес тораптың оқшаулама параметрлерін анықтау әдісі жоғары дәлдікті

камтамасыз етеді. Оқшаулама параметрлерінің сенімді мәндері негізінде кернеуі 1000 В дейінгі нейтралы оқшауланған электрлік тораптарын пайдалану кезінде электрқауіпсіздікті қамтамасыз етудің техникалық және ұйымдастырушылық шаралары құрастырылады.

2.3 Тау-кен кәсіпорындары үшін кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриялы емес торабында оқшаулама параметрлерін анықтау әдістемесін құру

Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралы бар тораптарында оқшаулама күйін бақылау үшін жаңа әдіс құрастырылды.

Құрастырылған кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриялы емес торапта оқшаулама параметрлерін анықтау әдісі қосымша белсенді өткізгіштікті жерге байланысты қосқанға дейінгі және кейінгі фазаның кернеуі және сызықтық кернеу модульдерінің шамасын өлшеуінде, сонымен қатар жерге бірфазалы тұйықталу тогының шамасында қорытындылады, мұнда қосымша белсенді өткізгіштікті ескере отырып, кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриялы емес торапта оқшаулама параметрлерін есептеуі жүргізіледі.

Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриялы емес торапта оқшаулама параметрлерін анықтау әдісінің теориялық негіздерін жүзеге асыру үшін тау-кен кәсіпорындарына кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриялы емес торапта оқшаулама параметрлерін анықтау әдістемесі құрастырылды.

Тау-кен кәсіпорындары үшін кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриялы емес торапта оқшаулама параметрлерін анықтау әдістемесі (2.1 сурет) электрлік принципіалды сұлбасында қарастырылады:

Кернеу модульдерінің шамаларын өлшеу үшін кернеу шегі $U=0\div 300$ В, дәлдік класы 0,5 болатын Э – 515 типті вольтметрлер қолданылады. Бірфазалы тұйықталу тогының шамасын өлшеу үшін ток шегі $I=0\div 100$ мА, дәлдік класы 0,5 болатын Э – 515 типті амперметр қолданылады.

Қосымша белсенді өткізгіштік ретінде $R=1000,0$ Ом болатын ПЭ-200 типті активті кедергі қолданылады.

Келтірілген принципіалды электрлік сұлба (2.1 сурет) негізінде кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриялы емес торапта оқшаулама параметрлерін анықтау келесі әдістеме бойынша орындалады:

- 1 кернеуі 1000 В дейінгі тарату құрылғысына резервті QF1 жүктеме ажыратқышы таңдалады.
- 2 кернеуі 1000 В дейінгі тарату құрылғысының QF1 жүктеме ажыратқышының жұмыс қабілеттілігіне тексеруі жүргізіледі.
- 3 кернеуі 1000 В дейінгі тарату құрылғысының QF1 жүктеме ажыратқышының жұмыс қабілеттілігіне тексергеннен кейін QF1 жүктеме ажыратқышының шығыстарына g_1 қосымша белсенді өткізгішті шунттайтын QF2 тасымалы жүктеме ажыратқышы қосылады, сонымен қатар PA1 амперметрінің бір шығысы QF2 жүктеме ажыратқышының

шығыс клеммасына қосылады, ал PA1 амперметрінің екінші шығысы жерге қосылады. Кернеуі 1000 В дейінгі тарату құрылғысындағы сызықтық кернеуді тексеру PV1 тасымалы вольтметрі арқылы жүргізіледі және оны В және С фазалары арасында сызықтық кернеуді өлшеу үшін қосады.

- 4 Кернеуі 1000 В дейінгі тарату құрылғысындағы сызықтық кернеуді тексеру PV1 тасымалы вольтметрі арқылы жүргізіледі және оны В және С фазалары арасында сызықтық кернеуді өлшеу үшін қосады.
- 5 Кернеуі 1000 В дейінгі тарату құрылғысындағы жерге байланысты А фазасының кернеуін PV2 тасымалы вольтметрі арқылы тексеріледі және оны жерге байланысты А фазасының кернеуін өлшеуіне қосады.
- 6 4 және 5 тармақтары бойынша өткізілген жұмыстарды өткізгеннен кейін QF1 ажыратқышы арқылы жер мен электрлік тораптың А фазасы арасындағы, g_1 қосымша белсенді өткізгіштіктің қосылуы жүргізіледі және PV2 вольтметрі арқылы жерге байланысты А фазасының кернеу модулінің шамасын өлшеуі жүргізіледі.
- 7 6 тармағы бойынша өткізілген жер мен электрлік тораптың А фазасы арасындағы қосымша белсенді өткізгіштік қосылғанда жерге байланысты А фазасының кернеу модулінің шамасын өлшеуге жұмысынан кейін, QF2 жүктеме ажыратқышы арқылы жерге байланысты торап фазасы зақымдалған кезінде пайда болатын g_1 қосымша белсенді өткізгіштік және g_0 белсенді өткізгіштік шунтталады, және PA1 амперметрі арқылы жерге бірфазалы тұйықталу тогының шамасының өлшенуі жүргізіледі.
- 8 7 тармағы бойынша жерге бірфазалы тұйықталу тогының шамасын өлшенгеннен кейін QF2 және QF1 жүктеме ажыратқыштарының өшірілуі жүргізіледі.
- 9 1 ÷ 8 тармақтары бойынша тәжірибелерді аяқтағаннан кейін g_1 қосымша белсенді өткізгіштікті шунттайтын QF2 тасымалы жүктеме ажыратқышының өшірілуі жүргізіледі, сонымен қатар PA1 амперметрінің өшірілуі жүргізіледі, сонымен қатар жерге байланысты фаза кернеуін және сызықтық кернеу модулінің шамасын өлшейтін PV1 және PV2 вольтметрлерінің өшірілуі жүргізіледі.

Құрастырылған әдістеменің кернеуі 1000 В дейінгі симметриялы емес торапта оқшаулама параметрлерін анықтау бойынша тәжірибелік зерттеулері жоғары маманды құрамында екі адамнан кем емес тұтынушылардың электрқондырғыларды пайдалану кезінде қауіпсіздік техникасының ережелеріне сәйкес өткізілуі қажет.

$U_{л}$ сызықтық кернеу модульдерінің және g_1 қосымша белсенді өткізгіштікті жерге қосқанға дейінгі және кейінгі $U_{\phi 0}$ және $U_{\phi 01}$ фаза кернеуінің шамасы, сонымен қатар қосымша белсенді өткізгіштікті ескере отырып, I_0 жерге бірфазалы тұйықталу тогының шамасы, негізінде алынған өлшеулер бойынша кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен

симметриялы емес торапта оқшаулама параметрлерінің есептелуі келесі математикалық формулалар бойынша орындалады: (2.12) ÷ (2.17):

- торап оқшауламасының толық өткізгіштігі

$$y = \frac{I_o \sqrt{3}}{U_{л}},$$

- жерге байланысты тораптағы фаза зақымдалған кезінде пайда болған белсенді өткізгіштік

$$g_o = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2}{y_{\Sigma 1}^2 - y_{\Sigma}^2} \cdot g_1,$$

мұндағы y_{Σ} – қосымша белсенді өткізгіштікті қосқанға дейінгі торап оқшауламасының сомалық өткізгіштігі [1]

$$y_{\Sigma} = \frac{I_o}{U_{\phi o}},$$

мұндағы $y_{\Sigma 1}$ – қосымша белсенді өткізгіштікті қосқаннан кейінгі торап оқшауламасының сомалық өткізгіштігі

$$y_{\Sigma 1} = \frac{I_o}{U_{\phi o 1}},$$

- торап оқшауламасының белсенді өткізгіштігі

$$g = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2 - g_o^2}{2 \cdot g_o}.$$

Торап оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштігі торап оқшауламасының белсенді және толық өткізгіштіктерінің геометриялық айырымымен анықталады [1].

Құрастырылған кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриялы емес торапта оқшаулама параметрлерін анықтау әдістемесі тәжірибелік зерттеулерді өткізудің дәлдігін және қарапайымдылығын қамтамасыз етеді. Оқшаулама параметрлерінің сенімді мәндері негізінде кернеуі 1000 В дейінгі нейтралы оқшауланған электрлік тораптарын пайдалану кезінде электрқауіпсіздікті қамтамасыз етудің техникалық және ұйымдастырушылық шаралары құрастырылады.

2.4 Өндірістік жағдайда кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған торапта оқшаулаудың параметрлерін анықтау әдісінің эксперименттік зерттеулері

Осы жұмыста өндірістік жағдайда кернеуі 1000 В болатын оқшауланған бейтараптаманың симметриялы емес жүйеде оқшаулау параметрлерін анықтаудың сенімділігіне байланысты өңделген әдісінің эксперименттік зерттеулері жүргізіледі. Сенімділікті бағалау үшін кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған бейтараптамамен симметриялы емес желіде оқшаулаудың параметрлерін амперметр-вольтметр әдісімен және өңделген әдіс арқылы анықтау нәтижелерін салыстырумен жүзеге асады. Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған желіде оқшаулаудың параметрлерін амперметр-вольтметр анықтау әдісін профессор Л.В. Гладилин Мәскеу тау-кен университетінде әзірленді [4].

Амперметр-вольтметр әдісі электрлік торабының бірфазасы мен жер арасындағы активті немесе сыйымдылықты қосымша өткізгішті қосумен, қосымша өткізгіш арқылы ағып өтетін ток шамасын өлшеумен, қосымша өткізгіштегі кернеу түсу шамасын өлшеумен, сонымен қатар фазаның жерге қатысты кернеу модулі шамасын өлшеумен, фазалардың біреуін жерге қосу арқылы толық токтың жерге тұйықталу модулі шамасын өлшеу және математикалық тәуелділік бойынша кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған желіде оқшаулама параметрлері анықталады:

- желі оқшаулауының толық өткізгіштігі

$$y = \frac{I_0}{U_\phi}, \quad (2.18)$$

- желі оқшаулауының жиынтық өткізгіштігі

$$y_\Sigma = \frac{I_0}{U_{\phi 0}}, \quad (2.19)$$

- электр торабының бірфазасы мен жер арасында қосымша активті өткізгіштігін қосқанда торап оқшаулауының активті өткізгіштігі

$$g = \frac{y_\Sigma^2 - y^2 - g_0^2}{2g_0}, \quad (2.20)$$

- электр торабының бірфазасы мен жер арасында қосымша сыйымдылықты өткізгіштігін қосқанда торап оқшаулауының сыйымдылықты өткізгіштігі

$$b = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2 - b_0^2}{2b_0}, \quad (2.21)$$

- электр торабының бірфазасы мен жер арасында қосымша активті өткізгіштігін қосқанда торап оқшауламасының сыйымдылықты өткізгіштігі

$$b = \sqrt{y^2 - g^2}, \quad (2.22)$$

- электр торабының бірфазасы мен жер арасында қосымша сыйымдылықты өткізгіштігін қосқанда торап оқшауламасының активті өткізгіштігі

$$g = \sqrt{y^2 - b^2}, \quad (2.23)$$

- мұнда U_{ϕ} – фазаның жерге қатысты кернеуі;
 I_0 – жерге тұйықталудағы толық ток;
 I_{01} – қосымша өткізгіштен ағып өтетін ток;
 $U_{\phi 0}$ – қосымша өткізгіште кернеу құлауы;
 g_0 – активті қосымша өткізгіш;
 b_0 – сыйымдылықты қосымша өткізгіш.

Амперметр-вольтметр әдісімен оқшаулама параметрлерін анықтау принципіалды электрлік сұлбасымен (сурет 2.2) түсіндіріледі, құрамында:

- А, В және С фазалары бар үшфазалы электрлік торап;
- PV вольтметр, электр желінің А фазасы мен жер арасында қосымша активті немесе сыйымдылықты өткізгіштікті қосқанға дейін және қосқаннан кейін А фазасының жерге қатысты - U_{ϕ} , $U_{\phi 0}$ кернеу модулінің мәнін өлшейді.
- b_A , b_B , b_C – торап оқшауламасының сыйымдылықты өткізгіштері;
- g_A , g_B , g_C – торап оқшауламасының активті өткізгіштері;
- QF – фазалардың біреуі мен жер арасындағы активті немесе сыйымдылықты қосымша өткізгіштерді коммутациялайтын жүктеме ажыратқышы;
- g_0 – торап фазаларының біреуі мен жер арасында қосылатын активті қосымша өткізгіштер;
- b_0 – торап фазаларының біреуі мен жер арасында қосылатын сыйымдылықты қосымша өткізгіштер;
- PA – активті немесе сыйымдылықты қосымша өткізгіштерден ағып өтетін токтың және бірфазалы жерге тұйықталу тогының мөлшерін өлшейтін амперметр.

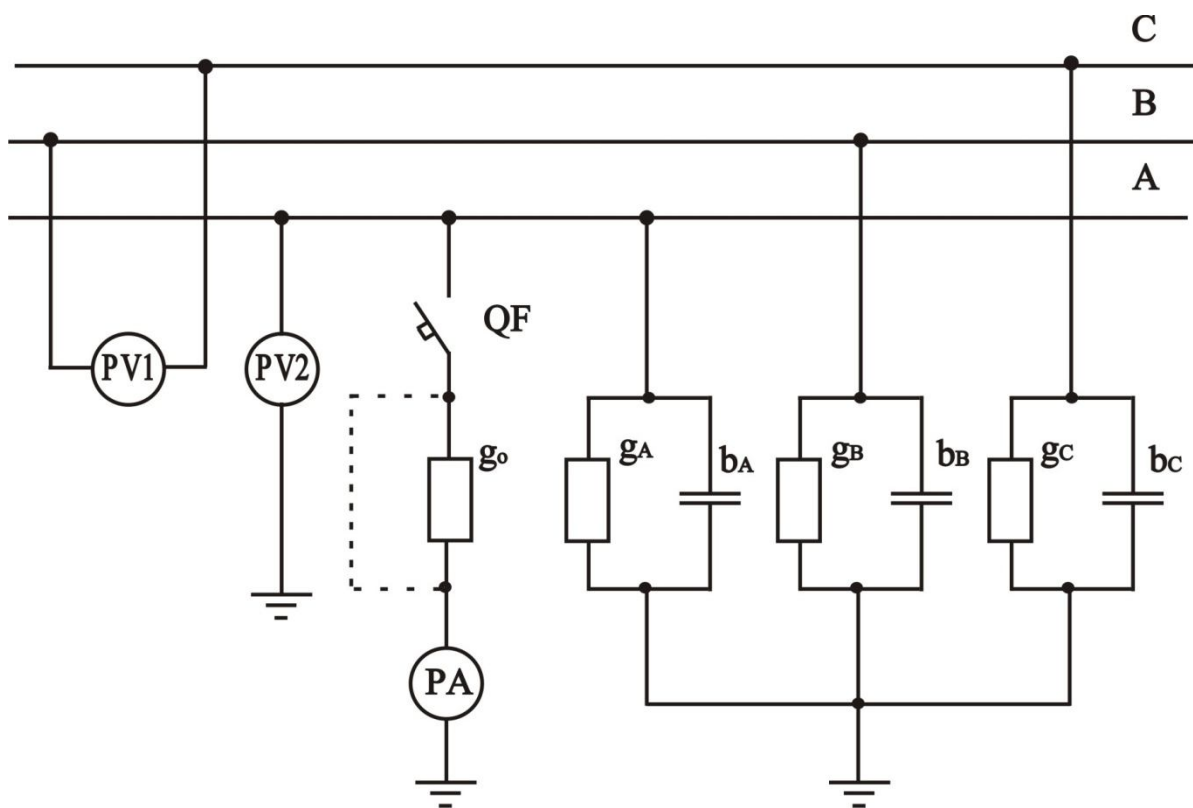


Рисунок 2.2 – Кернеуі 1000 В дейінгі тораптардың оқшаулама мәндерін Амперметр-вольтметр әдісі арқылы және өңделген әдіс арқылы зерттеу принципіалды сұлбасы.

Қарастырылған бейтарабы оқшауланған тораптағы параметрлерді анықтауға арналған әдісі сызықты кернеудің мөлшерін анықтауға, бірфазалы жерге тұйықталған токтың және жерге қатысты фазаның активті қосымша өткізгіш пен жер арасындағы кернеудің мөлшерін анықтауға негізделген.

Сызықты кернеудің U_{Δ} модульдерін өлшенген мөлшерлерінің және фазаның жерге қатысты кернеуі U_{ϕ_0} және $U_{\phi_{01}}$ активті қосымша өткізгіштігін қосқанға дейін және кейін модуль мөлшерлерінің бойынша, бірфазалы жерге тұйықталған токтың мөлшері – I_0 , активті қосымша өткізгішті ескере отырып (2.12), (2.13), (2.14), (2.15), (2.16), (2.17) математикалық формулалары бойынша оқшаулама параметрлерін есептеу жүргізіледі.

Өндірістік жағдайда кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған желіде оқшаулама параметрлерін анықтау өңделген әдісін тәжірибе жүзінде зерттеу үшін алынған нәтижелердің ізделіп отырған шамаларының нақтылығын зерттеу әдісін әзірлейміз [50].

ЖШС “Майқайыналтын” шахталық электр торабы жағдайында тәжірибелік зерттеу жүргізілді.

Ток және кернеу мәнінің модулін өлшеу сенімділікке растау үшін тәжірибелік зерттеу жүргізу кезінде дәлдігі 0,5 болатын электродинамикалық жүйелі Э-515 типті өлшеуіш құрылғымен жүргізілді. Токты өлшеу үшін өлшеу шегі $0 \div 1$ А деп алынды, ал кернеуді өлшеу үшін өлшеу шкаласы $0 \div 500$ В құрайды.

Номиналды мәні $R=1000,0$ Ом болатын ПЭ-200 типті активті кедергісі желі фазасы мен жерге қосылатын қосымша активті өткізгіш ретінде қолданылады.

Сенімділікті тексеруге арналған эксперименттік зерттеулер жоғарыда осы жұмыста айтылған өңделген әдіс бойынша жүргізілді.

Зерттеу нәтижесін өңдеу үшін аз сұрыптау [40] әдісі қолданылады. Аз сұрыптау әдісі тәжірибенің аз көлемі кезінде қанағаттандыратын нәтиже алуға болжайды. Минималды тәжірибе саны 4.

Өлшеулер қанағаттанарлық сенімді болу үшін жұмыста [2, 40] 4-тен кем емес тәжірибе өткізу керек. Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы торапта оқшаулама параметрлерін өңделген әдіс бойынша анықтау әдісінің дәлдігі мен сенімділігін зертханалық жағдайда эксперименталды зерттеу мақсатында өлшем саны $n=8$, 0,5 сағат уақыт интервалымен $7 \div 9$ пункті бойынша жұмыстар жүргізіледі.

Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы торапта оқшаулама параметрлерін өңделген әдіс бойынша анықтау әдісінің дәлдігі мен сенімділігін зертханалық жағдайда тексеру арқылы алынған мәліметтерді классикалық амперметр-вольтметр әдісімен алынған мәліметтерді салыстырылып 2.1 және 2.2 кестесіне енгізіледі.

2.1 кесте – Өңделген әдіс бойынша кернеуі 0,4 кВ торапта оқшаулама параметрлерін анықтау нәтижесінің мәндері.

Оқшаулама параметрлері	Өлшеу саны							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Торап оқшауламасының толық өткізгіштігі $y \times 10^{-5}$, См.	2,20	2,21	2,18	2,24	2,17	2,22	2,15	2,17
Торап оқшауламасының сыйымдылықты өткізгіштігі $b \times 10^{-5}$, См.	1,34	1,35	1,37	1,40	1,39	1,41	1,35	1,37
Торап оқшауламасының активті өткізгіштігі $g \times 10^{-5}$, См.	1,74	1,75	1,69	1,75	1,67	1,71	1,67	1,68

2.2 кесте – Амперметр-вольтметр әдісі бойынша кернеуі 0,4 кВ торапта оқшаулама параметрлерін анықтау нәтижесі.

Оқшаулама параметрлері	Өлшеу саны							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Торап оқшауламасының толық өткізгіштігі $y \times 10^{-5}$, См.	2,30	2,31	2,20	2,25	2,32	2,38	2,27	2,34
Торап оқшауламасының сыйымдылықты өткізгіштігі $b \times 10^{-5}$, См.	1,41	1,48	1,43	1,38	1,39	1,40	1,34	1,37
Торап оқшауламасының активті өткізгіштігі $g \times 10^{-5}$, См.	1,82	1,77	1,67	1,78	1,86	1,92	1,83	1,90

Осы жұмыста өңделген әдістің амперметр-вольтметр әдісімен салыстырғанда сенімділікке бағалау үшін [2, 40] жұмыстарында келтірілген математикалық тәуелділіктер қолданылады. Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы торапта оқшаулама параметрлерін өңделген әдіс бойынша анықтаудың мәндерін қателік анализі аз сұрыптау әдісіне сәйкесінше келтірілген алгоритм бойынша жүргізіледі.

1. Оқшаулама параметрлерінің орташа мәні математикалық тәуелділік бойынша анықталады:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} . \quad (2.24)$$

2. Математикалық формула бойынша оқшаулама параметрлерін мәнін $n=8$ рет өлшегенде бірлік өлшем нәтижесінің орташа квадраттық ауытқуы анықталады:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n} - \bar{X}_i^2}. \quad (2.25)$$

Мұнда амперметр-вольтметр әдісі бойынша $\sigma_y = 0,062$ См; $\sigma_b = 0,040$ См; $\sigma_g = 0,032$ См; ал құрастырылған әдіс бойынша $\sigma_y = 0,109$ См; $\sigma_b = 0,086$ См; $\sigma_g = 0,042$ См болады.

3. Оқшаулама параметрлерін өлшеу бірлік нәтижесінің орташа квадраттық ауытқуын анықтау, келтірілген математикалық тәуелділік бойынша жүзеге асады.

$$S_n = \sqrt{\frac{(\bar{X} - X_1)^2 + (\bar{X} - X_2)^2 + (\bar{X} - X_3)^2 + \dots + (\bar{X} - X_n)^2}{n-1}}. \quad (2.26)$$

Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы тораптың оқшаулама параметрлерін анықтауға арналған өңделген әдіс мәндерінің сенімділігін тексеру үшін ε орташа квадраттық қателік үлесінде көрсетілетін α - сенімділік болжамының мәні сенімді интервалында анықталады.

Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы тораптың оқшаулама параметрлерін анықтауға арналған өңделген әдістің орташа квадраттық салыстырмалы қателіктері, дәлдік классы 1,0 өлшеуіш құралдарды қолданғанда кездейсоқ орташа квадраттық салыстырмалы қателіктері 10% аспайтын, ал дәлдік классы 5% өлшеуіш құралдарды қолданғанда оқшаулама параметрлерінің қателіктері 5% аспайды.

$\alpha = 0,9 \div 0,95$ сенімділік ықтималдылықты қамтамасыз ету үшін, жұмыстардағы ұсынылған ұсыныстар бойынша [40], $\varepsilon = 5\%$ мәнінен аспайтын салыстырмалы орташа квадраттық қатені қамтамасыз ету үшін $\alpha = 0,95$ сенімгерлік ықтималдылықты қабылдаймыз.

Егер $\alpha = 0,95$ сенімділік ықтималдығы үшін салыстырмалы орташа квадраттық қателік $\varepsilon = 5\%$ мәнінен аспайтын болса, онда бұл кернеуі 1000 В дейін бейтарабы оқшауланған үшфазды торап оқшаулама параметрлерін анықтауға әзірленген әдістің сенімділігін тексеретін әдістің дұрыс таңдалғандығын айқындайды.

1. $n = 8$ тәжірибе мөлшері болғанда, $\alpha = 0,95$ сенімгерлік ықтималдылық мәні негізінде алынса Стюдент коэффициентін $t_{\alpha n} = 2,4$ аламыз. (2 кесте бойынша [40]) және математикалық тәуелділік бойынша оқшаулағыш параметрлерінің абсолюттік қателігін анықтаймыз.

$$\Delta X = \frac{t_{\alpha n} S_n}{\sqrt{n}}. \quad (2.27)$$

2. Математикалық тәуелділік бойынша электр торап фазаларының жерге қатысты оқшаулама параметрлерін анықтайтын әдістердің салыстырмалы қателігі анықталады.

$$\Delta X_* = \frac{\Delta X}{\bar{X}} 100\%. \quad (2.28)$$

Өткізілген эксперименттер нәтижесі бойынша және нәтижелерді аздап сұрыптау тәсілі бойынша өңдеу бойынша, амперметр-вольтметр тәсілі және құрастырылған тәсілі бойынша математикалық тәуелділік арқылы оқшаулағыш параметрлерінің ықтималды-статистикалық сипаттамасы алынды. Оқшаулағыш параметрлерінің ықтималды-статистикалық сипаттамасы негізінде, құрастырылған тәсіл және амперметр-вольтметр тәсілі бойынша нәтижелерді салыстыру 2.3 кестеге түйістірілген.

2.3 кесте – Құрастырылған тәсілі және амперметр-вольтметр тәсілі бойынша кернеуі 1000 В дейінгі электр тораптағы оқшаулама параметрлерінің ықтималдылық-статистикалық сипаттамасы.

Өлшеу әдісі	Параметрлер	Желінің параметрлерінің орташа мәні \bar{X} , 10^{-5}Cm	Дара нәтиженің орташа квадраттық қателігі, 10^{-5}Cm	Абсолютті қателік ΔX , 10^{-5}Cm	Салыстырмалы қателік ΔX_* , %
Амперметр-вольтметр әдісі бойынша	у	2,296	0,056	0,048	2,09
	б	1,40	0,042	0,036	2,57
	г	1,82	0,080	0,068	3,74
Құрастырылған әдіс бойынша	у	2,19	0,030	0,025	1,14
	б	1,37	0,026	0,022	1,61
	г	1,707	0,035	0,030	1,75

Оқшаулама параметрлерінің ықтималдылық-статистикалық сипаттамаларын салыстыру нәтижесінде кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы торап оқшаулама параметрлерін анықтауға арналған әзірленген әдіс қажетті дәлдікті қамтамасыз етеді, себебі амперметр-вольтметр және әзірленген әдістерінің салыстырмалы орташа квадраттық қателігі және дара өлшеулердің орташа квадраттық қателік мәндері қанағаттанарлық ұқсастыққа ие.

Жоғарыдағы айтылғанды негізге ала отырып, кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы тораптың оқшаулама параметрлерін анықтауға арналған әзірленген әдіс амперметр-вольтметр әдісімен салыстырғанда қанағаттанарлық дәлдікті қамтамасыз етеді. Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы тораптың оқшаулама параметрлерін анықтауға арналған әзірленген әдістің қауіпсіздікі амперметр-вольтметр әдісіне карағанда жоғары және басқа кернеуі 1000 В дейінгі электрқондырғыларда оқшаулама параметрлерін бақылау әдістермен салыстырғанда қарапайым, сол себепті кернеуі 1000 В дейін бейтарабы оқшауланған үшфазалы тораптары бар кез-келген меншік формасындағы халық шаруашылығында оқшаулама параметрлерін кернеу астында бақылауды әзірленген әдіс бойынша жүзеге асыруға ұсыныс жасауға болады.

2.5 Қорытындылар

Бұл бөлімде осындай нәтижелер бар:

1. Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес үшфазалы электр торапта оқшаулама параметрлерін анықтау әдісі сызықтық кернеу мәні, жерге бірфазалы тұйықталу тогының мәні және фаза мен жер арасында қосалқы өткізгішті қосуға дейін және қосқаннан кейін фаза мен жер арасындағы кернеу мәндерін өлшеу негізінде әзірленді.
2. Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес үшфазалы электр торапта оқшаулама параметрлерін анықтау әдістемесі әзірленді. Бұл әдістеме тәжірибелік зерттеулерді өткізгенде қанағаттанарлық дәлдік пен жүзеге асырудың қол жетімділігін қамтамасыз етеді. Оқшаулама параметрлерінің сенімді мәндерінің негізінде кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған электрлік тораптарды қауіпсіз эксплуатациялаудың ұйымдастырушылық және техникалық іс-шаралар әзірленеді.
3. Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы торап оқшаулама параметрлерін анықтауға арналған әзірленген әдіс қажетті дәлдікті қамтамасыз етеді, себебі амперметр-вольтметр және әзірленген әдістерінің салыстырмалы орташаквадраттық қателігі және дара өлшеулердің орташаквадраттық қателік мәндері қанағаттанарлық ұқсастыққа ие.

3 ТАУ-КЕН КӘСІПОРЫНДАР ҮШІН КЕРНЕУІ 1000 В ДЕЙІНГІ БЕЙТАРАБЫ ОҚШАУЛАНҒАН СИММЕТРИЯЛЫ ЕМЕС ЖЕЛІДЕ ТИГІЗУ КЕРНЕУІН ЖӘНЕ ТОКТЫҢ АҒЫП КЕТУІН АНЫҚТАЙТЫН ӘДІСТІ ӘЗІРЛЕУ

3.1 Бастапқы ережелер

Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған желіде пайдалану кезінде жерге қатысты электрлік желінің кез-келген фаза оқшауламасының бұзылуы орын алады. Оқшауламаның бұзылуы оқшауламада микро жарықтардың пайда болуына әкеледі, сонымен қатар, қосымша өткізгішті болдыратын, токтың ағып кетуіне әкелетін, ток өткізу шандары пайда болады.

Егер оқшауламаның бұзылуы кезінде токтың ағып кетуі қосымша пайда болған өткізгіштен өтетін болса, онда электр жабдықтардың ток өткізбейтін бөлшектерінде тигізу кернеуі пайда болады. Сондай-ақ бұл кезде бейтараптың жылжып кетуі орын алады және бейтараптың жылжып кету мөлшері тесіп өтетін сақтандырғыштың тоғының ағып кетудің қосу құрылғысынан да байланысты болады.

Жоғарыда баяндалғанның негізінде бейтарабы оқшауланған үшфазалық электрлік желіде оқшауламаның бұзылуы кезінде тигізу кернеуін және токтың ағып кетуін анықтайтын әдістер әзірлеу керек, сонымен қатар тесіп өтетін сақтандырғыштың бүтіндігін бақылайтын құрылғы әзірлеу қажет. Токтың ағып кетуін және тигізу кернеуін анықтайтын әзірленген әдістері, сонымен қатар, таулы кәсіпорындардың кернеуі 1000 В дейінгі үшфазалық электрлік желідегі тесіп өтетін сақтандырғыштың бүтіндігін бақылайтын әзірленген құрылғысы төмен кернеудегі жұмыс істеп тұрған электрқондырғыларды пайдалану кезінде жұмыстың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

3.2 Тау-кен кәсіпорындар үшін кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтайтын әдісті әзірлеу

Тау-кен кәсіпорындарда кернеуі 1000 В дейінгі электр қондырғыларды пайдалану кезінде жерге қатысты электрлік желінің кез-келген фазаның оқшауламасының босаңсуы орын алады.

Оқшауламаның босаңсуы кезінде электрлік желінің бұзылған фазасында шунттайтын кедергі пайда болады. Жерге қатысты фазаның бұзылуы кезінде ұйымдастырылған техникалық шаралар әзірлеу үшін токтың ағып кету мөлшерін білу қажет.

Токтың ағып кету өлшемі Ом заңы бойынша анықталуы мүмкін, өйткені токтың ағып кетуі фаза кернеуінің көбейтіндісіне жерге қатысты бұзылу кернеудің модулі мен шунттайтын өткізгіштің мөлшерінің көбейтіндісіне тең:

$$I_{\text{ут}} = U_{\text{фо}} \cdot g_0. \quad (3.1)$$

Берілген жұмыста шунттайтын өткізгіштің мөлшері (2.11) формуласы бойынша анықталады:

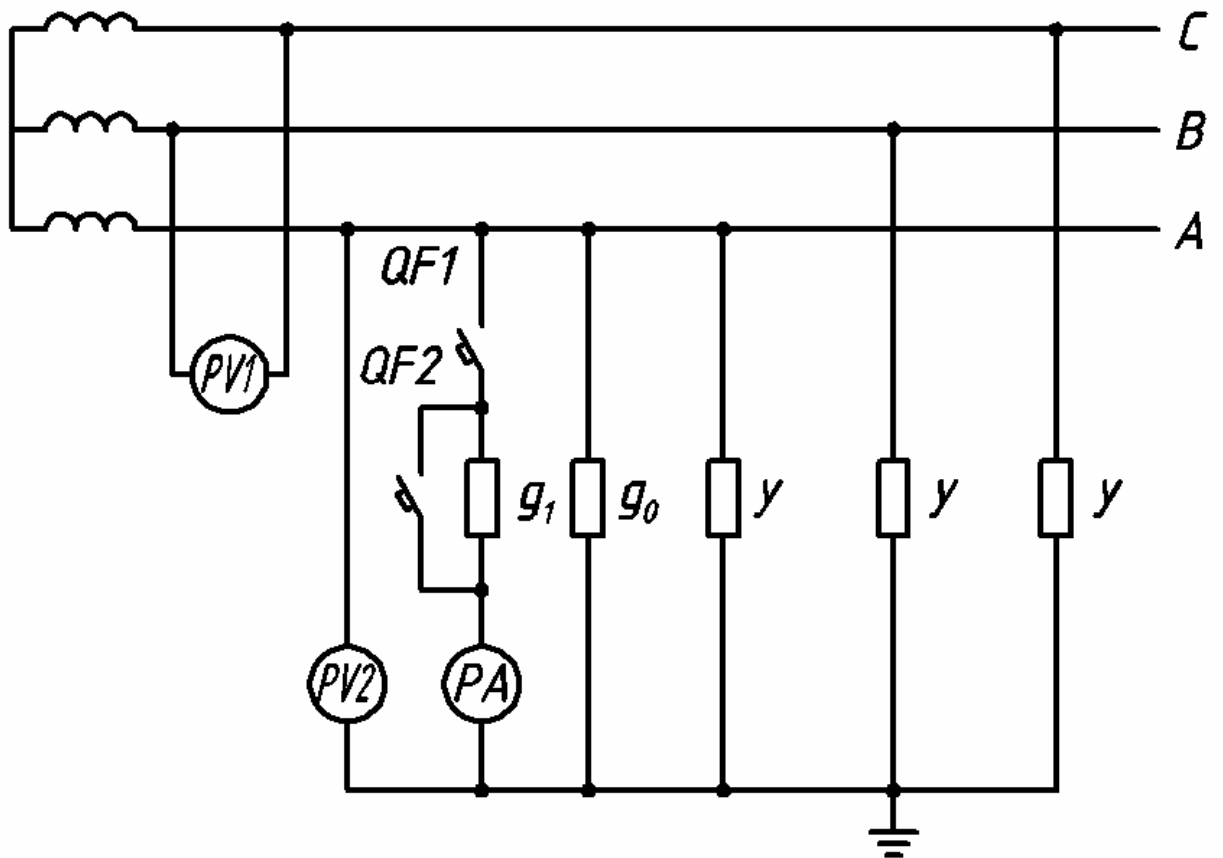
$$g_0 = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2}{y_{\Sigma 1}^2 - y_{\Sigma}^2},$$

Бірлескен (3.1) және (2.11) теңдеулерді есептей отыра, таулы кәсіпорындарда кернеуі 1000 В дейінгі токтың ағып кету мөлшерін анықтаймыз:

Алынған токтың ағып кетуін анықтайтын математикалық тәуелділік, ізделіп жатқан мөлшерін анықтау кезінде жұмысты жүргізудің оңайлылығын және қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

$$I_{\text{ут}} = U_{\text{фо}} \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2}{y_{\Sigma 1}^2 - y_{\Sigma}^2}. \quad (3.2)$$

Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтайтын әзірленген әдісі 3.1 суретте келтірілген, электрлік принципіалды сұлбасымен түсіндіріледі. Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтайтын электрлік принципіалды сұлба құрайды: А, В және С фазалары бар үшфазалық электрлік желіні; В және С фазалары арасындағы сызықтық кернеудің модулінің мөлшерін өлшейтін, PV1 – вольтметр; қосымша белсенді өткізгішті қосқанға дейінгі және қосқаннан кейінгі жерге қатысты А фазалы кернеудің модулінің мөлшерін өлшейтін, PV2 – вольтметр; QF1 - оқшауламаның күйінің деңгейін төмендететін, белсенді өткізгішті шунттау арқылы фазаның жерге тұйықталу кезінде белсенді қосымша өткізгішті қоса, электрлік желінің бұзылған фазасын жерге қосатын, жүктеменің ажыратқышы; QF2 – белсенді қосымша өткізгіштің шунттауын жүргізетін, жүктеменің ажыратқышы; g_1 – белсенді қосымша өткізгіші; PA1 – жерге токтың тұйықталу модулінің мөлшерін өлшейтін, амперметр; g_0 – жерге қатысты желінің фазасы бұзылған кезінде пайда болған, белсенді өткізгіші; y – желі оқшауламасының толық өткізгіштері.



Сурет 3.1 – Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтау әдісінің принципіалды электрлік сұлбасы

3.1 суретте келтірілген кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтау әдісінің принципіалды электрлік сұлбасы негізінде кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтаудың әзірленген әдісі келесі әдістеме бойынша жүзеге асырылады:

- 1 Кернеуі 1000 В дейінгі таратушы құрылғының резервті QF1 жүктеме ажыратқышы таңдалады.
- 2 Кернеуі 1000 В дейінгі таратушы құрылғының резервті QF1 жүктеме ажыратқышының жұмысқа жарамдылығына сынап көру.
- 3 Кернеуі 1000 В дейінгі таратушы құрылғының резервті QF1 жүктеме ажыратқышының жұмысқа жарамдылығына сынап көргеннен кейін QF1 кернеу ажыратқышының сыртқа шығарылатын өткізгішіне белсенді қосымша өткізгішті g_1 шунттауын жүргізетін, QF2 тасымалды жүктеме ажыратқышын қосуы жүргізіледі, сонымен қатар, QF2 жүктеме ажыратқышының шығарылу клеммасына PA1 амперметрдің сыртқа шығарылатын өткізгішінің біреуін қосады, ал PA1 амперметрдің екінші сыртқа шығарылатын өткізгіші жерге қосылған.
- 4 PV1 тасымалды вольтметрмен кернеуі 1000 В дейінгі таратушы құрылғыда сызықтық кернеуі тексеріледі және В және С фазалардың арасындағы сызықтық кернеуді өлшеу үшін қосылуы жүргізіледі.
- 5 PV2 тасымалды вольтметрмен кернеуі 1000 В дейінгі таратушы құрылғыда жерге қатысты А фазасының кернеуі тексеріледі және А фазасының кернеуін өлшеу үшін қосылуы жүргізіледі.
- 6 4 және 5 тармақтары бойынша жұмыстар жүргізілгеннен кейін QF1 ажыратқышымен жер мен электрлік желінің А фазасы арасында g_1 белсенді қосымша өткізгіші қосылады, және PV2 вольтметрмен жерге қатысты А фазасының кернеу модулінің мөлшерін өлшеуі жүргізіледі.
- 7 6 тармағы бойынша жер мен электрлік желінің А фазасы арасында g_1 белсенді қосымша өткізгіші қосылып тұрған кезде, жерге қатысты А фазасының кернеу модулінің мөлшерін өлшеу жұмыстары жүргізілгеннен кейін, QF2 жүктеме ажыратқышымен g_1 белсенді қосымша өткізгішті және жерге қатысты желінің фазасы бұзылған кезде пайда болатын, g_0 белсенді өткізгішті шунттауы жүргізіледі, және PA1 амперметрмен жерге токтың бірфазалы тұйықталудың мөлшері өлшенеді.
- 8 7 тармақ бойынша жерге токтың бірфазалы тұйықталу модулінің мөлшерін өлшеуі жүргізілгеннен кейін QF2 және QF1 жүктеме ажыратқыштары сөндіріледі.
- 9 1 ÷ 8 тармақтары бойынша экспериментті аяқтау барысында белсенді қосымша өткізгіштің g_1 шунттауын жүргізетін, QF2 жүктеменің тасымалды ажыратқышын өшіреді, және PA1 амперметр өшіріледі, сонымен қатар, жерге қатысты фаза кернеуі мен сызықтық кернеу модулінің мөлшерлерін өлшейтін, PV1 және PV2 вольтметрлері сөндіріледі.

Әзірленген әдістеме бойынша кернеуі 1000 В дейінгі симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтауы бойынша эксперименталды зерттеулер құрамында екі адамнан кем емес жоғары білікті мамандардан тұратын бригадасы тұтынушылардың электрқондырғыларын пайдалану кезінде техника қауіпсіздігінің талаптарына сәйкес жүргізу қажет.

Кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтайтын әзірленген әдістемесі эксперименталды зерттеулерді өткізу кезінде жұмыстың жүргізу оңайлылығын және қанағаттанарлық дәлділікті қамтамасыз етеді. Оқшауламаның параметрлерінің шынайы мәндері негізінде кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған электрлік желіні пайдалану кезінде электрқауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша ұйымдастырылған және техникалық шаралар әзірленеді.

3.3 Кернеуі 1000 В жоғары симметриялы емес желіде тигізу кернеуін анықтаудың әдісін әзірлеу

Тау-кен кәсіпорындарды ішкі электрмен жабдықтау жүйесі үшін жерге қатысты желінің кез-келген фазасының оқшауламасының бұзылу режимі қалыпты болып келеді. Таулы кәсіпорындардағы электрқондырғыларды төмен деңгейде пайдалану кезінде, сонымен қатар, жерге бірфазалы тұйықталудан (ЖБТ) қорғаныс құрылғылардың жетілмегендіктері болған кезде адамның қадамдық және тигізу кернеуіне тиіп кету мүмкіндігін үлкейтетін, жерге тұйықталу режимімен желіні ұзақ уақытта пайдалануына әкеледі. Тигізу кернеуі ЖБТ тоғының мөлшерінен байланысты болғандықтан, онда тигізу кернеуін анықтау әдісін әзірлеу үшін симметриялы емес желі үшін алынған, токтың ағып кетуін анықтаудың математикалық тәуелділігін қолданамыз

$$I_{\text{ут}} = U_{\text{фо}} \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2}{y_{\Sigma 1}^2 - y_{\Sigma}^2}, \quad (3.3)$$

мұндағы $U_{\text{фо}}$ – белсенді қосымша өткізгішті қосқаннан кейінгі жерге қатысты фаза кернеуі;

y – желі оқшауламасының толық өткізгіші;

y_{Σ} – белсенді қосымша өткізгішті қосқанға дейінгі желі оқшауламасының жиынтық өткізгіші;

$y_{\Sigma 1}$ – белсенді қосымша өткізгішті қосқаннан кейінгі желі оқшауламасының жиынтық өткізгіші.

Жерге қатысты желінің кез-келген фазасының бұзылуы кезінде, тигізу кернеуі формуласы бойынша анықталады [1 ÷ 3]

$$U_{\text{пр}} = \alpha I_0 R_3, \quad (3.4)$$

мұндағы $I_{\text{ж}}$ – жерге бірфазалы тұйықталу тоғы;

$R_{\text{ж}}$ – жерлестіру желісінің кедергісі;

α – тигізу кернеуінің коэффициенті.

Бірлестіріп (1) және (2) математикалық тәуелділіктерді және Ом заңының теңдеуін есептей отырып, симметриялы емес желіде тигізу кернеуді анықтаудың математикалық тәуелділігін аламыз

$$U_{\text{пр}} = \alpha R_3 U_{\text{фо}} \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2}{y_{\Sigma 1}^2 - y_{\Sigma}^2}. \quad (3.5)$$

Бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде тигізу кернеуін анықтаудың әзірленген әдісі таулы кәсіпорындардың кернеуі 1000 В дейінгі электрқондырғылардағы жұмыс қауіпсіздігін және оңайлылығын, қанағаттанарлық дәлділігін қамтамасыз етеді.

Бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде тигізу кернеуін анықтаудың әзірленген әдісін іске асыру кезінде бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтайтын әдістемесі келесіні есепке алумен қолданылады: $R_{\text{ж}}$ – жерлестіру желісінің кедергісі; α – тигізу кернеуінің коэффициенті.

3.4 Қорытындылар

Зерттеу нәтижелері бойынша берілген тарауда келесі нәтижелер алынған:

1. Эксперименталды зерттеулерді жүргізу кезінде жұмыстың жүргізу оңайлығын және қанағаттанарлық дәлдікті қамтамасыз ететін, кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде токтың ағып кетуін анықтаудың әдістемесі әзірленген. Оқшауламаның параметрлерінің шынайы мәндері негізінде кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған электрлік желілерді пайдалану кезінде электрқауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша ұйымдастыру және техникалық шаралар әзірленеді.

2. Тау-кен кәсіпорындардағы кернеуі 1000 В дейінгі электрқондырғылардағы жұмыс қауіпсіздігін және оңайлылығын, қанағаттанарлық дәлділікті қамтамасыз ететін, бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде тигізу кернеуін анықтау әдісі әзірленді.

4 ЭКСКАВАТОРДА КЕРНЕУІ 1000 В ДЕЙІНГІ ТОРАПТА ОҚШАУЛАМА ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТЕТІН ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫ ЖАСАУ

4.1 Бастапқы ережелер

Біздің елімізде және шетелде тау-кен өндірісі саласында оқшаулама күйін зерттеудің өткізілген анализі кернеуі 1000 В дейінгі оқшаулама күйін зерттеуі қысқа тораптарда өткізілмеген, мысалы экскаваторларда және энергетиканың қалпына келетін көздерінде. Эксплуатация ережелеріне сәйкес экскаваторлардағы электрлік бөлігі қорғаныстық өшіру құрылғысынан қолданылуы қажет.

Зерттеулер бойынша шахталық тораптар ұзын кабельдік желілерден және электрқондырғыларға үлкен қосылулардан тұрады. Сондықтан шахталық тораптар ауқымды сыйымдылықтан тұрады, өйткені оқшауламаның активті өткізгіштілігі диэлектриктің сапасына тәуелді болады, ал толық өткізгіштігі осы жағдайда торап оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштігіндей болады [2, 39, 76]. Экскаваторларда 20 метрден ұзын кабельдік тораптар жоқ және сондықтан оқшауламаның сыйымдылықтық құраушысы үлкен емес және бірфазалы тұйықталудың тогы кіші болады. Жерге шағын тұйықталу токтары кезінде экскаваторлардағы қорғаныстық өшіру құрылғысы жұмыс істемейді. Осыдан шығатыны экскаваторлардағы қорғаныстық өшіру құрылғысы техникалық параметрлерге сәйкес келмейді, өйткені олар шахталық кернеуі 1000 В дейінгі электрлік тораптар үшін құрастырылған.

Жоғарыда айтылғанның негізінде экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі нейтралы оқшауланған үшфазалық электрлік тораптың оқшаулама күйін зерттеуін жүргізу қажет. Тәжірибелік зерттеулерді өткізусіз кернеуі 1000 В дейінгі экскаваторлардағы қорғаныстық өшіру құрылғысын қолдану жөнделіксіз. Оқшаулама параметрлерінің диэлектрлік шығындардың тангенс бұрышы мен жерге бірфазалы тұйықталу тогының сандық мәндері негізінде экскаваторда қорғаныстық өшіру құрылғысының жұмысын тексеруге болады. Оқшаулама параметрлерінің диэлектрлік шығындардың тангенс бұрышы мен жерге бірфазалы тұйықталу тогының сандық мәндерін тәжірибелік зерттеуі экскаваторлық электрқондырғыларды эксплуатациялау кезінде өндірістің электрқауіпсіздігі көзқарасынан кернеуі 1000 В дейінгі тораптың күйін бағалауға мүмкіндік береді.

4.2 ЭКГ-8И экскаватор электрқабылдағыштарының электрмен жабдықтауындағы қысқа тораптар

Тау-кен кәсіпорындарында техникалық электрлік қауіпсіздікті қамтамасыз етуі кернеуі 1000 В дейінгі торабында оқшауланған нейтраль жүйесін қолдануды міндетті болып табылады.

Электрқауіпсіздік сұрақтарын шешуінде елеулі тәжірибе жиналынды, әсіресе тау-кен кәсіпорындарында кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен торабында оқшаулама күйін зерттеу облысы. Экскаватордың электрмен жабдықталуына электрқабылдағыштары үлкен емес ауданда шоғырландықтан және бір-бірімен оқшауландырылған өткізгіштер қолданумен байланысқандықтан, онда осы тораптар қысқа желілерге жатады және оқшаулама күйін зерттеу әдістерін қолдану және осы зерттеулердің нәтижелері шахталық өндірісіндегі экскаваторлар және электрмен жабдықтаудың жеке аймақтары үшін қабылданбайды.

ЭҚЕ қарастырылған оқшаулама күйін бақылау құрылғысы ретінде Екібастұз көмір разрездерінде және ЖШС “Майқайыналтын” экскаваторларында ағып кету УАКИ және РУ-2М релесі қолданылады.

«Көмірлік және қатпарлы тасты шахталардағы қауіпсіздік ережелеріне» сәйкес (ҚЕ) [27] УАКИ типті релесі ұсынылады, олар кернеуі 1000 В дейінгі аймақтық тораптарында жерасты құрастырулар үшін арналған.

Кернеуі 1000 В дейінгі жерасты құрастырулар алыс тармақталған кабельдік желілерден тұрады, олардан тау-кен машиналар мен комплекстерінің электрқабылдағыштары қоректендірілген, бірақ кабельдік ұзындығы аз қашықтықта сыйымдылық орын алады кабельдік желілер жерге бірфазалы тұйықталу тогы аз болады. Жерге бірфазалы тұйықталу тогының аз мәндерінде УАКИ және РУ-2М типті ағу релелері жұмыс істемейді, бұл кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен тораптарында электрқондырғыларды эксплуатация ережелерінің бұзылуына әкеледі. Негізгі себебі экскаваторларда және тау-кен жерасты өндірісте электрлік тораптардың қорғаныс аппараттарының және оқшаулама параметрлерінің техникалық мүмкіндіктерінің сәйкес келмеуі болып табылады.

Сондықтан, УАКИ релесінің эффективті және сенімді жұмысы үшін тау-кен кәсіпорындарда оқшаулама күйін зерттеуін жүргізу керек. Өткізілген зерттеулер нәтижелері негізінде электрлік тораптарының параметрлері бойынша ұйымдастырушылық және техникалық шараларын құрастырып оларды реленің техникалық сәйкес келуі қажет, бұл тау-кен машиналар мен комплекстерінің эксплуатациясы үшін электрқауіпсіздік деңгейін жоғарлатуын қамтамасыз етеді.

4.3 ЭКГ-8И экскаваторының кернеуі 1000 В дейінгі электрлік тораптарының оқшаулама параметрлерінің сандық мәндері

ЭКГ-8И экскаваторында тәжірибелік зерттеулер жүргізілді және кернеуі 1000 В дейінгі электрлік тораптың оқшаулама параметрлерінің негізгі мәндері орнатылды. Зерттеулер қазіргі уақытта құрастырылған экскаваторда жұмыс істейтін электрқабылдағыштарының электрлік тораптарында қалыпты жұмысында кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральге тораптың оқшаулама параметрлеріне анықтау әдістемесі бойынша жүргізілді.

Құрастырылған әдістемесі оқшауланған нейтралі бар торап параметрлерін анықтау әдісіне негізделген сызықтық кернеу модульдерінің, жерге байланысты дейін және кейін активті қосымша өткізгіштікті қосқаннан, сонымен қатар жерге байланысты бірфазалы тұйықталу тогының шамасы шамаларын өлшеуге негізделген, мұнда активті қосымша өткізгіштікті еске ала отырып келесі математикалық формулалар бойынша кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен симметриясыз тораптың оқшаулама параметрлері анықталады:

- торап оқшауламасының толық өткізгіштігі

$$y = \frac{I_o \sqrt{3}}{U_{\text{л}}}, \quad (4.1)$$

- жерге байланысты торап фазасы зақымдалған кезіндегі пайда болған активті өткізгіштік

$$g_o = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2}{y_{\Sigma 1}^2 - y_{\Sigma}^2} \cdot g_1, \quad (4.2)$$

мұндағы y_{Σ} – қосымша активті өткізгіштікті қосқанға дейінгі торап оқшауламасының сомалық өткізгіштігі [1]

$$y_{\Sigma} = \frac{I_o}{U_{\phi o}}, \quad (4.3)$$

мұндағы $y_{\Sigma 1}$ – қосымша активті өткізгіштікті қосқаннан кейінгі торап оқшауламасының сомалық өткізгіштігі

$$y_{\Sigma 1} = \frac{I_o}{U_{\phi o 1}}, \quad (4.4)$$

- торап оқшауламасының активті өткізгіштігі

$$g = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2 - g_0^2}{2 \cdot g_0}. \quad (4.5)$$

Торап оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштігі торап оқшауламасының толық және активті өткізгіштіктерінің геометриялық айырмасы ретінде анықталады [1].

ЖШС “Ангренсор” “Екібастұз” көмір разрезінің ЭКГ-8И экскаватордың 0,4 кВ кернеуге дейінгі электрлік тораптағы фаза оқшауламасының анықталған толық, активті және сыйымдылық өткізгіштіктерінің нәтижелері негізінде құрастырылған әдіс арқылы нәтижелерді өңдеу аз таңдау бойынша жүргізіледі. Оқшаулама параметрлерінің тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері және аз таңдау әдісі арқылы нәтижелерді өңдеу бағасы 4.1 кестеде келтірілген.

4.1 кесте – ЖШС “Ангренсор” “Екібастұз” көмір разрезінің ЭКГ-8И экскаватордың 0,4 кВ кернеуге дейінгі торап оқшауламасының параметрлерін анықтау нәтижелері

Оқшаулама параметрлері	Өлшеулер саны								\bar{X} торап параметрлерінің орташа мәні
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Торап оқшауламасының толық өткізгіштігі $y \times 10^{-5}$, См.	2,20	2,21	2,18	2,24	2,17	2,22	2,15	2,17	2,19
Торап оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштігі $b \times 10^{-5}$, См.	1,34	1,35	1,37	1,40	1,39	1,41	1,35	1,37	1,37
Торап оқшауламасының активті өткізгіштігі $g \times 10^{-5}$, См.	1,74	1,75	1,69	1,75	1,67	1,71	1,67	1,68	1,71

4.1 кестеде алынған тәжірибелік зерттеулердің өңделген нәтижелерін бойынша келесі математикалық формулалар бойынша анықтаймыз [75]:

- торап оқшауламасының толық өткізгіштігі

$$Z = \frac{1}{y}, \quad (4.6)$$

- торап оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштігі

$$X = \frac{1}{b}, \quad (4.7)$$

- торап оқшауламасының активті өткізгіштігі

$$R = \frac{1}{g}, \quad (4.8)$$

- торап оқшауламасының диэлектриктік шығындардың тангенс бұрышы

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{b}{g}, \quad (4.9)$$

- жерге бірфазалы тұйықталу тогы

$$I_o = \frac{U_\phi}{Z}. \quad (4.10)$$

ЭКГ-8И экскаватордың жерге бірфазалы тұйықталу тогы және оқшаулама параметрлерін зерттеудің тәжірибелік есептеулердің нәтижелері 4.2 кестеде келтірілген.

4.2 кесте – ЭКГ-8И экскаватордың кернеуі 1000 В дейінгі электрлік тораптың жерге бірфазалы тұйықталу тогы және оқшаулама параметрлерінің сандық мәндері

Z, Ом	R, Ом	X, Ом	tgδ, –	I ₀ , мА
45662	58480	72993	0,80	4,93
44643 ÷ 46512	57143 ÷ 59880	70922 ÷ 74627	0,80 ÷ 0,81	4,84 ÷ 5,04

мұндағы Z – торап оқшауламасының толық кедергісі;
R – торап оқшауламасының активті кедергісі;
X – торап оқшауламасының сыйымдылық кедергісі;
tgδ – торап оқшауламасының диэлектриктік шығындардың тангенс бұрышы;
I₀ – жерге бірфазалы тұйықталу тогы.

4.2 кестеде алымында математикалық болжамның мәліметтері кернеуі 1000 В дейінгі электрлік тораптың негізгі оқшаулама параметрлерінің абсолюттік шамалары, ал бөлімінде - ЭКГ-8И экскаватордың электрмен жабдықтау сұлбасының қалыпты жұмыс күйін кезіндегі параметрлердің өзгеру аралығы көрсетілген.

4.2 кесетеден алынған мәліметтер негізінде тораптың сыйымдылығының күтілетін абсолютті шамалары анықталады, ол $4,30 \cdot 10^{-3}$ мкФ тең, ал кернеуі 1000 В дейінгі торап сыйымдылығының өзгеру аралығы $4,20 \div 4,42 \cdot 10^{-3}$ мкФ тең.

Алынған мәліметтерден электрлік тораптардың оқшаулама параметрлері шағын шектерде өзгертінін және жоғарғы деңгейде болатынын көрсетеді. Бұл экскаватордың электрмен жабдықтау сұлбасы тораптың таратылған параметрлерінен тұрмауымен түсіндіріледі, ал торап сыйымдылығы тек электржабылдағытардың жерге байланысты фаза сыйымдылығынан тұрады. Бұл ЭКГ-8И экскаватордың кернеуі 1000 В дейінгі торап оқшауламасының диэлектриктік шығындарының жоғарғы тангенс бұрышын түсіндіреді.

ЭКГ-8И экскаватордың кернеуі 1000 В дейінгі тораптағы жерге байланысты бірфазалы тұйықталу тогы шағын үлкен емес өзгеру аралығынан тұрады. Мұндағы торап оқшаулама параметрлерінің өзгеру аралығы кернеуі 1000 В дейінгі тораптағы жерге байланысты бірфазалы тұйықталу тогымен және диэлектриктік шығындардың тангенс бұрышымен қоректендіретін тораптың кернеу өзгеруімен айқындалады.

Осылай ЖШС “Ангренсор” “Екібастұз” көмір разрезінің ЭКГ-8И экскаватордың тәжірибелік зерттеулердің алдын ала нәтижелері экскаваторларда оқшаулама күйін деталды зерттеуін және алынған статистикалық мәліметтердің анализі ары қарай зерттеу екендігін көрсетеді.

4.4 ЭКГ-8И экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі тораптарда қорғаныстық өшіру құрылғысының эффективтілігін зерттеу

Қазақстанда экскаваторларда кеңінен қорғаныстық УАКИ өшіру құрылғысын қолданады, олар шахталық электрлік тораптар үшін жасалынды. Кернеуі 1000 В дейінгі шахталық электрлік тораптар кабельдік желілерден тұрады. Мұндағы торап оқшауламасының толық өткізгіштілігі торап оқшауламасының сыйымдылық өткізгіштілігімен шамалас болады, ал оқшауламаның активті өткізгіштілігі торап оқшауламасының толық және сыйымдылық өткізгіштілігінен бірқатар төмен болады. Сондықтан шахталық тораптарда жерге бірфазалы тұйықталу токтары қорғаныстық өшіру құрылғысының ток тағайыншамасынан жоғары болады, бұл адамдарды электрлік тогынан соғуды эффективті қорғау мүмкіндігін береді. Кернеуі 1000 В дейінгі шахталық электрлік тораптарында қорғаныстық өшіру құрылғысының эффективтілігі туралы профессор В.Е. Манойлов жұмыстарында келтірілген.

Экскаватордың кернеуі 1000 В дейінгі тораптарда оқшаулама күйін зерттеуі оқшауламаның кедергісі активті кедергісімен айқындалатынын көрсетті, олар жерге байланысты өткізгіштердің ток жетекші бөліктерінің оқшауламасы үшін қолданылатын оқшаулағыш диэлектриктің қасиеттерін сипаттайды. Экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі тораптарда оқшауламаның сыйымдылық кедергісі активті кедергісінен жоғары болады. Сондықтан экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі тораптарда жерге бірфазалы тұйықталу тогы сыйымдылық құраушысымен емес, активті құраушысымен айқындалады. Тәжірибелік зерттеулер бойынша ЖШС “Ангренсор” “Екібастұз” көмір разрезінің ЭКГ-8И экскаватордағы кернеуі 1000 В дейінгі тораптағы жерге бірфазалы тұйықталу тогы шамамен 5,0 мА құрайды. Экскаватордағы кернеуі 1000 В дейінгі тораптағы жерге бірфазалы тұйықталу тогы қорғаныстық өшіру құрылғысының тағайыншама тогынан төмен мәнге ие.

Сондықтан экскаватордағы кернеуі 1000 В дейінгі тораптағы қолданылатын қорғаныстық өшіру құрылғысы адамды электрлік тогынан зақымдалу қорғанысын өзінің техникалық сипаттамаларына байланысты қамтамасыз ете алмайды.

Жоғарыда айтылғанның негізінде тау-кен саласындағы кәсіпорындарда экскаваторларды қызмет көрсеткенде біздің елімізде, шет елдерде пайдалы қазбаларды өндіруде және көмір алаптарын өндіруде экскаваторларда жұмыс істейтін персоналдың электр тогымен зақымдалу орын алады.

Қазіргі кезде біздің елімізде сонымен бірге шетел елдерде экскаваторларды эксплуатациялау кезінде адамды электрлік тогымен зақымданудан қорғанысы үшін қорғаныстық өшіру құрылғысының эффективті емес жұмысы туралы себеп-салдар қорытындылары жоқ.

Осыған орай қолданылатын қорғаныстық өшіру құрылғысы экскаваторларда жұмыс істемейді және тау-кен кәсіпорындарындағы экскаваторлардың электрқондырғыларының қауіпсіздік ережелерінің

бұзылуына әкеледі, сондықтан экскаваторларда кернеуі 1000 В дейінгі үшфазалы электрлік торабы үшін қорғаныстық өшіру құрылғысын немесе экскаваторларда қорғаныстық өшіру құрылғысының эффективтілігін жоғарлату бойынша шараларды құрастыру қажет.

Кернеуі 1000 В дейінгі үшфазалы электрлік торабы үшін қорғаныстық өшіру құрылғысын құрастыру қиын және көп шығынды міндет болып табылады. Яғни кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтральмен үшфазалы электрлік торабы үшін қорғаныстық өшіру құрылғысының жұмыс істеу принципін өзгерту қажет. Бар жұмыс істеу принципі 3 В сұлбасы 50 жылдары процессор Р.М. Лейбовпен негізделген, ол қазіргі уақытта бар. Ал 60 жылдары осы принцип А. Скочинский атындағы тау-кен ісі институтында Н.Ф. Шишкинмен толық зерттелді. Осының барлық зерттеулері кернеуі 1000 В дейінгі шахталық электрлік торабына қорғаныстық өшіру құрылғысының эффективтілігін жоғарлатуға бағытталмаған болатын.

Экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі электрлік торабында оқшаулама параметрлерін зерттеуін еске ала отырып, қорғаныстық өшіру құрылғысының эффективтілігін жоғарлату бойынша техникалық шараларын құрастыру ең перспективті болып табылады.

4.5 Тау-кен кәсіпорындарында кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралды тораптар үшін тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтінділік басқару құрылғысы

Тау-кен кәсіпорындарында кернеуі 1000 В дейінгі тораптарда қолданылатын тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтінділігін тексеретін құрылғыларының анализінен көретініміз өлшеуіш құралына қатысты тесіп өткіш сақтандырғышының бүтінділігін эффективті тексеретін құрылғының жоқтығы айқындалады.

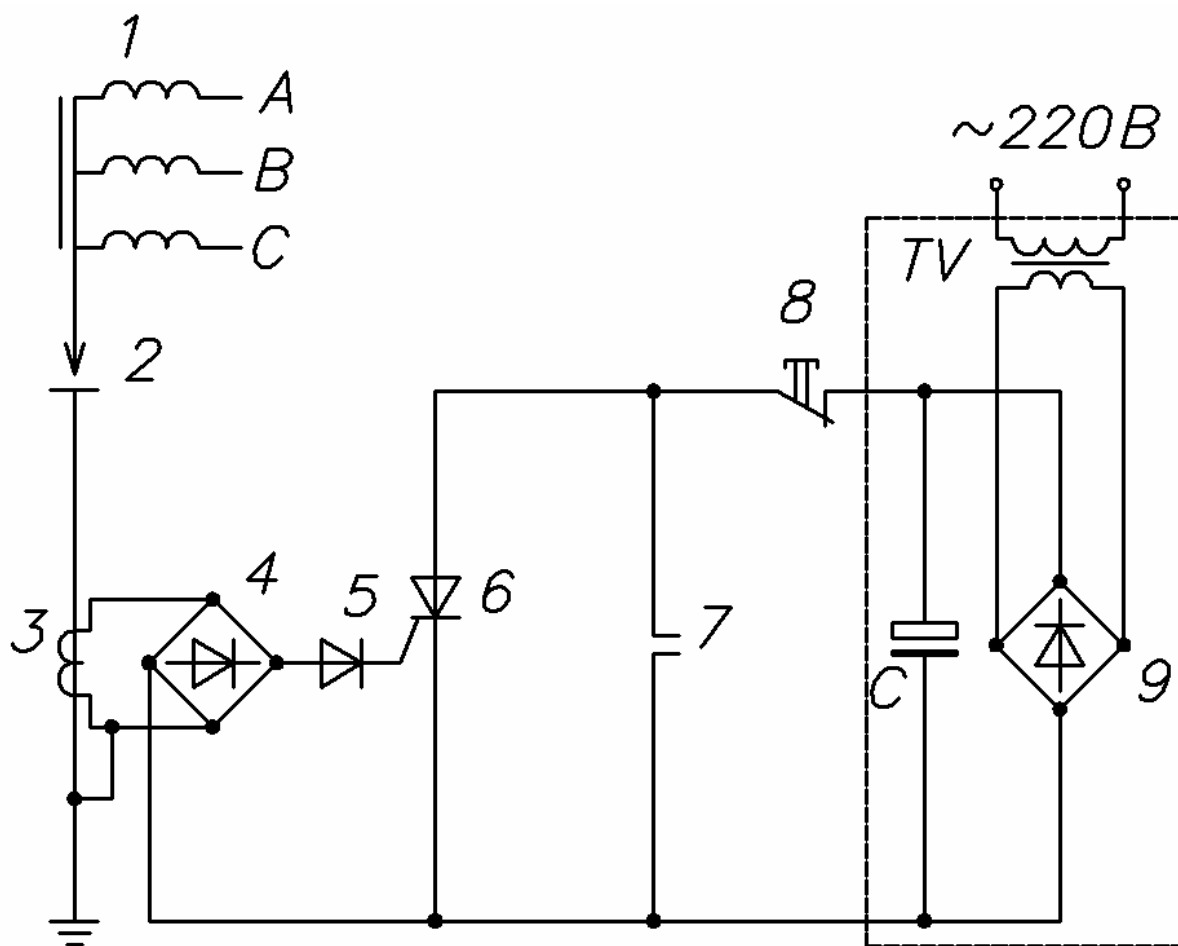
Тиристордың вольтамперлік мінездемесі өлшеуіш құрылғысы ретінде қолданылатын тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтіндігін тексеретін басқару құрылғысы әзірленді. Тиристордың вольтамперлік мінездемесінде симметриялық ток өлшеуіш құралы ретінде қолданылады, ал күштік электродтар құрылғының қосқандағы жады мәселесін шешеді, бұл сұлбалық шешімнің қарапайымдылығын қамтамасыз етеді және тесіп өткіш сақтандырғышының бүтіндігін тексеру тиімділігін арттырады.

Құрастырылған тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтіндігін басқару құрылғысы кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалық электр торабында, тесіп өткіш сақтандырғышының күштік трансформаторының екінші реттік орамасынан, ток өлшеуіш трансформаторы, қорек көзінен тұрады, мұндағы ток өлшеуіш трансформаторына тізбектей диод және тиристордың басқарушы электродтары қосылған, сонымен қатар қоректендіру көзінің оң клеммасына орындаушы реленің қоректендіру клеммасы қосылған, ал оның екінші клеммасы тиристор катодына қосылған, тиристор аноды қалыпты жабық тоқтату батырмасына қосылған, тоқтату батырмасынан қоректендіру көзінің теріс клеммасына қосылған.

Құрастырылған тесіп өткіш сақтандырғыштын бүтіндігін басқару құрылғысы кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалық электр торабында, тиристорды қолдану негізінде 3.2 суретіндегі принципіалды электр сұлбасында түсініктеледі.

Күштік трансформатордың екінші орамасының бейтарабы 1 мен жер арасында тесіп өткіш сақтандырғыш 2 қосылған. Мұндағы 2 тесіп өткіш сақтандырғышын жермен қосатын ток өткізгіш 3 ток өлшеуіш трансформаторының бірінші орамасы болып табылады. 3 ток өлшеуіш трансформаторының екінші орамасына 4 диод өтпесі, ал 4 диод өтпесінің оң шықпасынан 5 диоды арқылы 6 тиристор басқарушы электродымен тізбектей қосылған. 6 тиристорының күштік электродтары, 7 атқарушы реле және 8 тоқтату батырмасы 9 қоректендіру көзінің шықпасына қосылған.

Қорғалынатын торапта асқын кернеу кезінде күштік трансформатордың 1 екінші орамасындағы жер мен бейтарап арасында кернеу туады, бұл тесіп өткіш сақтандырғыштың 2 тесіп өтуіне әкеледі. Тесіп өткіш сақтандырғыштың 2 тесіп өту кезінде өлшеуіш ток трансформаторының 3 бірінші орамасы арқылы разряд тогы ағады, мұндағы ток өлшеуіш ток трансформаторының 3 екінші орамасына да трансформаланады да диодты көпір 3 арқылы ток ағады, мұндағы оң потенциал диод 5 арқылы тиристордың 6 басқарушы электродына жіберіледі. Тиристордың 6 басқарушы электродтарында аққан кезінде тиристордың қосылуы жүзеге асырылады, бұл атқарушы релені 7 коммутирлейді, өйткені тиристордың 6 күштік электродтары атқарушы реле 7 және тоқта батырмасы 8 қорек көзіне 9 тізбектей жалғанған. Коммутация кезінде атқарушы реледегі 7 қалыпты ашылған түйіспелері тесіп өткіш сақтандырғыштың 2 тесіп өтуі туралы дабыл береді. Тесіп өткіш сақтандырғыштың 2 тесіп өтуі туралы сигналды өшіру үшін тоқта батырмасы 8 арқылы жүзеге асырылады, Тиристордың 5 электрлік тізбегінің ажыратылуы осы жағдайда атқарушы реле 7 өшіріледі және тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтінділік құрылғысының басқару сұлбасы бастапқы күйіне келеді.



4.1 сурет – Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралды тораптар үшін тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтінділік басқару құрылғысы

2 тесіп өткіш сақтандырғышын тесіп өткенде 3 ток өлшеуіш трансформатордың бірінші орамасы арқылы разряд тогы ағады, 3 ток трансформаторының екінші орамасы арқылы ток трансформацияланып 4 диод өтпесінен ток өтеді, мұнда оң потенциал 5 диоды арқылы 6 басқарушы тиристорын электродына өтеді. 6 басқарушы тиристор электродтарынан оның түзелту ток шамасынан артық ток өткенде тиристор қосылады, ол 7 атқарушы релені қосады себебі 6 тиристор күштік электродтары 7 атқарушы реле және 8 токтату батырмасы 9 қоректендіру көзіне тізбектей қосылған.

7 атқарушы реле коммутацияланғанда реленің қалыпты ашып контактары 2 тесіп-өткіш сақтандырғышының тесіп өткені туралы сигнал береді. 2 Тесіп өткіш сақтандырғышының тесіп өткені туралы сигналды өшіру үшін 8 токтату батырмасы арқылы 5 тиристорының электр тізбегі ажыратылады, сонда 7 атқарушы релесі тоқсызданып тесіп-өткіш сақтандырғыштың бүтінділігін тексеретін құрылғы сұлбасы бастапқы қалыпқа келеді.

Құрастырылған тау-кен кәсіпорындарында кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралды тораптар үшін тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтінділігін бақылау құрылғысы өлшеуіш мүшесі ретінде тиристорды қолдану жолымен тау-кен кәсіпорындарында кернеуі 1000 В дейінгі электрқондырғыларды эксплуатациялау кезінде электрқауіпсіздік деңгейінің өсуін қамтамасыз етті.

4.6 Қорытындылар

Бөлім зерттеулерінің нәтижелері келесіде қорытындылады.

1. Алғашқы рет ЭКГ-8И экскаваторда оқшаулама параметрлерінің бірінші сандық мәндері алынды, оқшаулама кедергілері активті кедергімен айқындалады, олар жерге байланысты өткізгіштің ток жетекші бөліктері оқшауламасы үшін қолданылатын оқшауламалық материалдың диэлектрлік қасиеттерімен сипатталады. Экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі торабында оқшауламаның сыйымдылық кедергісі активті кедергіден жоғары болады.
2. Экскаваторларда қолданылатын қорғаныстық өшіру құрылғысы өзінің техникалық сипаттамаларына бойынша кернеуі 1000 В дейінгі торапта адамды электрлік тогымен зақымданудан эффективті қорғауын қамтамасыз етпейді, өйткені экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі торапта жерге бірфазалы тұйықталу тогы қорғаныстық өшіру құрылғысының тағайыншамасының тогы мәнінен кіші екені анықталды.
3. Сезгіштікті қамтамасыз ететін өлшеуіш мүшесі ретінде тиристорды қолдану жолымен тау-кен кәсіпорындардағы кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралды үшфазалы электрлік тораптағы тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтінділігін басқару құрылғысы құрастырылды. Кернеуі 1000 В дейінгі оқшауланған нейтралды үшфазалы электрлік тораптағы тесіп өткіш сақтандырғыштың бүтінділігін басқару құрылғысын енгізу тау-кен кәсіпорындардағы кернеуі 1000 В дейінгі электрқондырғыларды эксплуатациялау кезінде электрқауіпсіздік деңгейін жоғарлатады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмыста тигізу кернеуін және токтың ағып кетуін анықтайтын, оқшаулама күйін бақылау әдістерін, сонымен қатар кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған желіде тесіп өтетін сақтандырғыштың бүтіндігін бақылау құрылғысын әзірлеу жолымен, кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы электрлік желіде электрқауіпсіздікті техникалық қамтамасыз етуде маңызды ғылыми есепті шешетін, жаңа ғылыми негіздемелі нәтижелер алынды.

Жүргізілген зерттеулер келесі басты нәтижелерді атап өтуге және шешім шығаруға мүмкіндік береді:

1. Кернеуі 1000 В дейін үшфазалы бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде оқшаулама параметрлерін анықтау әдісі құрастырылған.
2. Кернеуі 1000 В дейін бейтарабы оқшауланған симметриялы емес желіде оқшаулама параметрлерін анықтау әдістемесі құрастырылған.
3. Кернеуі 1000 В дейін үшфазалы бейтарабы оқшауланған желіде ағын токтарын және жанасу кернеуін анықтау әдістері құрастырылған.
4. Әзірленген әдістер: оқшаулама параметрлерін анықтау; ағын тогын анықтау; жанасу кернеуін анықтау әдістері бейтарабы оқшауланған үшфазалы желіде тәжірибелік зерттеулерді өткізуде қанағаттанарлық дәлдік пен өткізілген жұмыстардың қолжетімділігін қамтамасыз етеді.
5. Алғашқы рет ЭГК-8И экскаваторында оқшаулама параметрлерінің сандық мәндері алынды, және оқшаулама кедергісі активті кедергімен шартталғаны айқындалды, олар ток өткізгіш бөліктерді қаптайтын жерге қатысты оқшаулама диэлектрик материалын сипаттайды. Экскаваторда 1000 В дейінгі желідегі оқшауламаның сыйымдылық кедергісі активті кедергіден артық.
6. Экскаваторлардағы қорғағыш ажыратқыш құрылғылары өзінің техникалық мінездемесі бойынша экскаватордағы кернеуі 1000 В дейінгі желіде бірфазалы жерге тұйықталу тогынан адамды қорғай алмайтыны анықталды, себебі экскаваторда кернеуі 1000 В дейінгі желідегі бірфазалы жерге тұйықталу ток мәні қорғағыш ажыратқышы іске қосылу мәнінен кіші.
7. Сезімталдықты қамтамасыз ететін өлшегіш орган ретінде тиристорды пайдалану жолымен тау-кен кәсіпорындардың кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы электрлік желіде тесіп өтетін сақтандырғыштың бүтіндігін бақылау құрылғысы әзірленді. Тау-кен кәсіпорындардағы кернеуі 1000 В дейінгі электрлік қондырғыларды пайдалану кезінде кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған үшфазалы электрлік желіде тесіп өтетін сақтандырғыштың бүтіндігін бақылау құрылғысын еңгізу электр қауіпсіздіктің деңгейін арттырады.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Анев Г.А., Бацежев Ю.Г., Утегулов Б.Б. Фазовый метод определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью // Тезисы доклада национальной научно-технической конференции с международным участием «Электробезопасность – 90». - НР Болгария, Варна, 1990. - С. 32.
- 2 Бацежев Ю.Г., Утегулов Б.Б., Пешкичев Ю.А. Математическое моделирование состояния электробезопасности в сетях горных предприятий. В кн. «Логическое управление с использованием ЭВМ». - М. – Симферополь: Научный Совет АН СССР по комплексной проблеме «Кибернетика», 1989.- С. 307 – 308.
- 3 Бацежев Ю.Г., Утегулов Б.Б. Метод определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью // Известия вузов. Горный журнал. - 1990. - №1. - С. 94-96.
- 4 Бацежев Ю.Г., Гришин В.Т., Утегулов Б.Б. и др. Метод определения параметров изоляции в карьерных распределительных сетях горных предприятий // Тезисы доклада Всесоюзной научно-практической конференции «Охрана труда в цветной металлургии». - Челябинск, 1990. - С. 18-19.
- 5 Бацежев Ю.Г., Утегулов Б.Б., Гришин В.Т. и др. Логическое управление схемой внутреннего электроснабжения карьеров. В кн. «Логическое управление с использованием ЭВМ». - М.-Симеиз: Научный Совет АН СССР по комплексной проблеме «Кибернетика», 1990. - С. 370-375.
- 6 Бацежев Ю.Г., Утегулов Б.Б. Микропроцессорная система автоматического контроля состояния карьерной распределительной сети // Научные труды международной интернациональной конференции «10-ИКАМК 1990»: «Автоматизация при научном контроле». - Чехословакия, Острава, 1990. - С. 247.
- 7 Бацежев Ю.Г. Обоснование системы и разработка средств электробезопасности на горных предприятиях: автореф. ... докт. техн. наук. - М.,1986. - 31 с.
- 8 Бараш М.И. Вопросы безопасного использования электроэнергии на горнорудных предприятиях Восточной Сибири: автореф. ... канд. техн. наук. – М.,1965. - 16 с.
- 9 Белых Б.П., Заславец Б.И. Распределительные электрические сети рудных карьеров. - М.: Недра, 1978. - 239 с.
- 10 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. Учебник для электротехн., энерг., приборостроит. спец. вузов. 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1984. - 559 с.
- 11 Бочаров В.И. Изучение закономерностей повреждений в системах распределения электрической энергии на открытых горных разработках // Электричество. - 1966. - №5. - С. 81-82.

- 12 Волотковский С.А., Курьян А.И., Николайчук А.З. Исследование и анализ причин травматизма при эксплуатации электрических установок карьеров // Электробезопасность на предприятиях горнорудной промышленности: Сборник трудов научно-технической конференции. - Кривой Рог, 1970. - С. 178-188.
- 13 Гордон Г.Ю., Вайнштейн Л.И. Электротравматизм и его предупреждение. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 256 с.
- 14 Инструкция по безопасной эксплуатации электрооборудования и электросетей на карьерах. - М.: Недра, 1982. - 80 с.
- 15 Калинин В.В. Исследование систем электроснабжения шахт и разработка требований по безопасному применению электроэнергии на пластах крутого падения: автореф. ... канд. техн. наук. – Киев: КПИ, 1973. - 19 с.
- 16 Волотковский С.А., Николайчук А.З., Стецюк Н.Ф. Статистическое исследование повреждений в электрических сетях карьеров // Электробезопасность на предприятиях горнорудной промышленности: Сборник трудов научно-технической конференции. - Кривой Рог, 1970. - С. 189-191.
- 17 Гладилин Л.В., Утегулов Б.Б. Способ определения тока замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В // Промышленная энергетика. - 1981. - №7. - С. 23-24.
- 18 Гушин Н.Я. Исследование состояния изоляции электроустановок напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью на горнодобывающих предприятиях цветной металлургии: автореф. ... канд. техн. наук. – М.: 1974. - 16 с.
- 19 Данченко Ф.И., Ликаренко А.Г., Герасимов Л.В. Электротравматизм на горнорудных предприятиях Минчермета СССР и пути его снижения // Тезисы докладов и сообщений II Всесоюзной научно-технической конференции «Электробезопасность на горнорудных предприятиях черной металлургии СССР». - Днепропетровск, 1979. - С. 5-7.
- 20 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. Учебное пособие для электроэнерг. спец. вузов. - М.: Энергия, 1979. - 407 с.
- 21 Драгнев Д.Н. Исследование состояния изоляции и переходных процессов при однофазных замыканиях на землю в электрических сетях 6 кВ угольных карьеров Болгарии: автореф. ... канд. техн. наук. – М.: 1972. - 16 с.
- 22 Гладилин Л.В., Щуцкий В.И., Бацежев Ю.Г. и др. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности. – М.: Недра, 1977. - 327 с.
- 23 Бацежев Ю.Г., Утегулов Б.Б. Метод определения емкости в сети с изолированной нейтралью // Судовая электротехника. - Л., 1991. - №1. - С. 87-90.

- 24 Утегулов Б.Б. Методы определения параметров изоляции и тока однофазного замыкания на землю в трехфазных сетях с изолированной нейтралью. Деп. в КазНИИНТИ, 15.12.89, № 2759-Ка89. - Алма-Ата, 1989. - 5
- 25 Цапенко Е.Ф. Контроль изоляции в сетях до 1000 В. 2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1972. - 152 с.
- 26 Зайдель А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. 3-е изд., испр. и доп. – Л.: Наука, 1968. - 97 с.
- 27 Гладилин Л.В., Утегулов Б.Б. Анализ погрешности метода определения параметров изоляции в трехфазных электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В // Известия вузов. Горный журнал. - 1980. - №8. - С. 94-97.
- 28 Волотковский С.А., Николайчук А.З., Курьян А.И. Исследование параметров электрических сетей напряжением выше 1000 В железорудных карьеров Северного горно-обогатительного комбината. В кн. «Электробезопасность на предприятиях черной металлургии». Материалы Республиканской научно-технической конференции. - Днепропетровск, 1972. - С. 71-73.
- 29 Шкрабец Ф.П. Развитие теории, разработка средств защиты и поиска несимметричных повреждений в распределительных сетях горных предприятий: автореф. ... докт. техн. наук. – Днепропетровск: ДПИ, 1989. - 42 с.
- 30 Щуцкий В.И., Коростылев М.Е. Электротравматизм на горнорудных предприятиях черной металлургии // Сборник трудов научно-технической конференции «Электробезопасность на предприятиях горнорудной промышленности». - Кривой Рог, 1970. - С. 13-24.
- 31 Щуцкий В.И., Чеботаев Н.И., Утегулов Б.Б. Повышение безаварийности и уровня электробезопасности электроустановок 6 кВ угольных разрезов // Известия вузов. Горный журнал. - 1983. - № 10. - С. 84-90.
- 32 Соболев В.Г. Технология и методы испытаний рудничного электрооборудования и электрических сетей. – М.: Недра, 1985. - 200 с.
- 33 Соболев В.Г. Разработка научных основ прогнозирования электробезопасности в угольных шахтах: автореф. ... докт. техн. наук. – М.: 1988. - 31 с.
- 34 Утегулов Б.Б. Метод определения параметров изоляции в электроустановках 0,4 кВ горных предприятий // Сборник научных трудов КазПТИ. - Алма-Ата, 1987. - С. 81-85.
- 35 Утегулов Б.Б. Метод определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью. Деп. в КазНИИНТИ, 07.01.88, № 1916-Ка88. - Алма-Ата, 1988. - 5 с.
- 36 Утегулов Б.Б. Метод определения параметров изоляции в сетях напряжением до 1000 В // Тезисы докладов научно-технической конференции «Совершенствование технологических процессов на предприятиях Павлодар-Экибастузского региона». - Павлодар, 1988. - С. 82-83.

- 37 Утегулов Б.Б. Определение параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью // Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции «Проблемы охраны труда в условиях ускорения научно-технического прогресса». – М., 1988. - С. 43.
- 38 Утегулов Б.Б. Система автоматического управления схемой внутреннего электроснабжения карьеров // Научные труды 9 международной конференции «9 ИКАМК' 88-Болгария» «Автоматизация в шахтах и карьерах». - НР Болгария, Золотые пески -Варна, 1988. - С. 187-195.
- 39 Утегулов Б.Б. Метод определения параметров изоляции трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью // Научные труды II международного симпозиума «Математические методы в электроэнергетике». - ПНР, Закопане, 1988. - С. 139-146.
- 40 Круг К.А. Основы электротехники. В 2-х томах. Учебник для вузов, 6-е изд., перераб. – М.- Л.: Госэнергоиздат, 1946. - Т. 2. - 634 с.
- 41 Колосюк В.П. Техника безопасности при эксплуатации рудничных электроустановок. - М.: Недра, 1987. - 407 с.
- 42 Котлярчук В.А., Заварыкин Б.С. Распределительные устройства электрических сетей разрезов. - М.: Недра, 1982. - 94 с.
- 43 Ляхомский А.В. Развитие теории и совершенствование методов повышения эффективности применения электроэнергии на горных предприятиях: автореф. ... докт. техн. наук. – М.: 1990. - 40 с.
- 44 Маврицын А.М., Петров О.А. Электроснабжение угольных разрезов. – М.: Недра, 1977. - 184 с.
- 45 Меньшов Б.Г., Ейвин В.И., Мироненко Е.С. Определение комплексной проводимости на землю электрических сетей с изолированной нейтралью // Труды МИРЭА. - М.: 1971. - Вып. 50. - С. 12-20.
- 46 Мирошкин П.П., Ликаренко А.Г., Герасимова Л.В. Состояние и пути снижения уровня электротравматизма на горных предприятиях Минчермета СССР // Тезисы докладов и сообщений III Всесоюзной научно-технической конференции «Электробезопасность на открытых и подземных горных работах». - Днепропетровск, 1982. - С. 2-4.
- 47 Правила технической эксплуатации при разработке угольных и сланцевых месторождений открытым способом. – М.: Недра, 1978. - 144 с.
- 48 Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. – М.: Недра, 1986. - 447 с.
- 49 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. – М.: Энергоиздат, 1982. - 160 с.
- 50 Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1985. - 640 с.
- 51 Разгильдеев Г.Н., Ковалев А.П., Сердюк А.И. О надежности систем электроснабжения угольных шахт // Уголь Украины. - 1982. - №1. - С. 36-38.
- 52 Рыжов П.А. Математическая статистика в горном деле. Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1973. - 284 с.

- 53 Роденберг Р. Эксплуатационные режимы электроэнергетических систем и установок. Под ред. К.С. Демирчяна. Пер. с нем. 3-е изд., перераб. – Л.: Энергия, 1980. - 578 с.
- 54 Самойлович И.С., Ситник И.В. Линии электропередач карьеров. - М.: Недра, 1987. - 230 с.
- 55 Самойлович И.С. Повреждение в электроустановках 6 кВ на железорудных карьерах // Безопасность труда в промышленности. - 1969. - №6. - С. 20-22.
- 56 Щуцкий В.И., Маврицын А.М., Сидоров А.И. и др. Электробезопасность на открытых горных работах. – М.: Недра, 1983. - 192 с.
- 57 Волотковский С.А., Разумный Ю.Т., Пивняк Г.Г. и др. Электроснабжение угольных шахт. – М.: Недра, 1983. - 376 с.
- 58 Ягудаев Б.М., Шишкин Н.Ф., Назаров В.В. Защита от электропоражений в горной промышленности. – М.: Недра, 1982. - 152 с.
- 59 Ягудаев Б.М. Критерии, методы и средства повышения электробезопасности в системах электроснабжения напряжением выше 1000 В горных предприятий: автореф. ... докт техн. наук. – М.: 1989. - 34 с.
- 60 Цапенко Е.Ф., Сычев Л.И., Кулешов П.Н. Шахтные гибкие кабели и электробезопасность сетей. - М.: Недра, 1988. - 213 с.
- 61 Соболев В.Г. Электрическая изоляция рудничного электрооборудования. – М.: Недра, 1982. - 142 с.
- 62 Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М.: Недра, 1976. - 303 с.
- 63 Дуйсембаев М.К., Утегулов Б.Б., Абдыкаримов А.Б. и др. Определение параметров изоляции в несимметричной сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В // Сб. трудов 9 Международной научно-технической конференции «Защита от поражений электрическим током». - Польша, Лодзь, 1993. - С. 250-252.
- 64 Утегулов Б.Б., Утегулов А.Б., Уахитова А.Б., Жакипов Н.Б., и др. Классификация методов контроля состояния изоляции в сетях с изолированной нейтралью напряжением 6-10 кВ // Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников “XI Сатпаевские чтения”. – Павлодар: ПГУ, 2011. – Т.34. – С. 180 – 184.
- 65 Глеуленова Г.Т., Жакипов Н.Б., Аяганов Т.М., Тумасов М.Ю. Методика определения параметров изоляции в сети напряжением до 1000 В горных предприятий // Первый научно-практический семинар с международным участием “Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии”. – Екатеринбург, 2011. – С. 53 – 55.
- 66 Уахитова А.Б., Жакипов Н.Б., Кофтанюк Н.В. Оценка ущерба от однофазного замыкания на землю в карьерных распределительных сетях 6 кВ // Первый научно-практический семинар с международным участием “Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии”. – Екатеринбург, 2011. – С. 56 – 57.

- 67 Utegulov B.B., Utegulov A.B., Uakhitova A.B., Zhakipov N.B., Askarova L.B. Procedure of definition of isolation parameters in the network strain to 1000 at mountain enterprises // Materials of the international scientific-practical conference “Science and education: no language barriers”. – Pavlodar, 2011. – С. 165 – 168.
- 68 Утегулов Б.Б., Утегулов А.Б., Уахитова А.Б., Жакипов Н.Б. Инновационный патент на изобретение №26298. Способ определения параметров изоляции в несимметричной сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В. Заявка №2011/0810.1. – Астана, 2011. – 3 с.
- 69 B. Utegulov, A.Utegulov, M.Begentayev, V.Begentayev, A.Uakhitova, N.Zhakipov, T.Sadvakasov. Method for determining the insulation in asymmetric networks with voltage up to 1000 V in mining enterprises // “Power and energy systems and applications”. – Pittsburgh, 2011. – С. 54 – 57.
- 70 B.Utegulov, A.Utegulov, M.Begentayev, V.Begentayev, A.Uakhitova, S.Zhumazhanov, N.Zhakipov. Method for determining parameters of isolation network voltage up to 1000 V in mining enterprises // “Power and energy systems and applications”. – Pittsburgh, 2011. – С. 50 – 53.
- 71 Утегулов Б.Б., Утегулов А.Б., Уахитова А.Б., Жакипов Н.Б. Методика определения параметров изоляции в несимметричной сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В // Сборник докладов X Международный научно-практической конференции “Проблемы и достижения в промышленной энергетике”. – Екатеринбург: Уральские выставки-2011. – С. 121 – 124.
- 72 Утегулов Б.Б., Утегулов А.Б., Уахитова А.Б., Жакипов Н.Б., и др. Разработка метода определения тока утечки в несимметричной сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В // Вестник науки Казахского агротехнического университета имени С.Сейфуллина. – Астана: КАТУ, 2012. – №3. – С. 37 – 42.
- 73 Утегулов Б.Б., Утегулов А.Б., Уахитова А.Б., Жакипов Н.Б., и др. Разработка методики определения параметров изоляции в несимметричной сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В для горных предприятий // Сборник докладов XI Международный научно-практической конференции “Проблемы и достижения в промышленной энергетике”. – Екатеринбург: Уральские выставки-2012. – С. 74 – 76.
- 74 Жакипов Н.Б., Утегулов Б.Б., Утегулов А.Б., Уахитова А.Б. Теоретические исследования параметров изоляции на основе круговой диаграммы изменения фазы электрической сети относительно земли // Вестник Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова. – Павлодар: ПГУ, 2013. – №2. – С. 98 – 103.
- 75 Короблев В.П. Устройство электробезопасности. – М., Энергия, 1979.
- 76 Б.Б. Өтеғұлов, А.Б. Өтеғұлов, А.Б. Уахитова Н.Б. Жақыпов А.С. Баранов. // С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті хабаршысы : – Павлодар: ПМУ, 2014. – №2. – С. 173 – 179.