

Техникалық ғылымдар



Технические науки



Technical sciences

FTAMP 44.29.31

В.И. Дмитриченко¹ (orcid-0000-0002-8624-0894) – негізгі автор
Н.Т. Өмірзақов² (orcid-0000-0003-4319-0724)
А.А. Ермекбаев³ (orcid-0000-0002-8438-7331)
Д.В. Прищепин⁴ (orcid - 0000-0002-7177-1334)

¹Техника ғылымдарының кандидаты, доцент, ²Докторант, ^{3,4}Магистрант,
^{1,2,3,4}Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы қ., Қазақстан Республикасы
e-mail: ¹ v.dmitrichenko@aes.kz, ² n.omirzakov@aes.kz, ³ a.vermekbayev@aes.kz,
⁴ d.prichshepin@aes.kz

БІР ФАЗАЛЫ ЖЕРГЕ ТҰЙЫҚТАЛУ МЕН АСҚЫН КЕРНЕУЛЕРДЕН РЕЛЕЛІК ҚОРҒАНЫСТЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ МЕН ДАМУ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ

Аңдатпа. Бұл мақалада бүгінгі таңда тарату желілерінің негізгі сипаттамалары және қазіргі әлемде қолданылатын бір фазалы жерге тұйықталу және асқын кернеулермен күресу әдістері келтірілген. Бұл мақала қазіргі уақытта тарату желілерінде қолданылатын қорғанысты талдауды білдіреді және қорғаныстың сенімділігіне күмән келтіретін жұмыс болып табылады.

Тірек сөздер: тарату желісі, релелік қорғаныс, бір фазалы тұйықталу, артық кернеу, электр доғасы, бейтарап, кабель желісі.

Кіріспе. Бүгінгі таңда қала халқының санының өсуі және урбанизация қарқынының артуы байқалады, бұл электр энергиясын тұтынудың артуына және электрмен жабдықтау сенімділігіне қатаң талаптар қоюға әкеледі. Қазіргі заманғы мегаполистер мен ірі қалаларда тұтынушыларды электрмен жабдықтау негізінен ондаған жыл бұрын пайдалануға берілген кабельдік желілер арқылы жүзеге асырылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бірінші кестеде пайдалануға берілген мерзімге байланысты "Алатау Жарық Компаниясы" АҚ Алматы қаласының өңірлік электр желілік компаниясы ұсынған кабель желілерінің зақымдану статистикасы (бұдан әрі – КЖ) ұсынылған.

1-кесте -қызмет ету мерзіміне байланысты КЖ зақымдануы

Жыл	"АЖК" АҚ КЖ зақымдануының барлық саны	5 жылға дейін қызмет ету мерзімі бар КЖ		5 жылдан 25 жылға дейін қызмет ету мерзімі бар КЖ		25 жылдан астам қызмет ету мерзімі бар КЖ	
		Саны	%	Саны	%	Саны	%
2016	1102	94	8,5	341	31	667	60,5
2017	1253	117	9,3	413	33	723	57,7
2018	1214	115	9,5	395	32,5	704	25
2019	343	20	5,8	105	30,6	218	63,6
			8,6		31,5		59,9

Кестеден кабельдік желілердегі апаттардың көп бөлігі, шамамен 60%, 25 жылдан астам қызмет ету мерзімі бар желілерде екенін көруге болады. Айта кету керек, стационарлық төсеу кезінде қағазға малынған оқшаулағышы

бар қуат кабельдерінің нормативтік қызмет ету мерзімі 30 жылды құрайды [2.7 – тармақ, [4].

Бұл желілердегі апаттардың ең көп тараған түрі-жерге бір фазалы тұйықталу (бұдан әрі-БФТ). Апаттар санының жартысынан көбі БФТ-ға тиесілі, оның негізгі себебі кабельдік шаруашылықтың тозуы болып табылады. Уақтылы жойылмаған және апаттарды таратпау бойынша шаралар қабылданбаған бір фазалы тұйықталу көбінесе "желдеткіш" деп аталатын ажыратуларға және "сау" желілердің оқшаулануының нашарлауына әкеледі. Сондықтан бүгінгі күні жерге бір фазалы тұйықталудан релелік қорғауды жаңғырту және дамыту мәселесі ерекше өзекті болып отыр [1].

Тарату желілерінде бір фазалы жерге тұйықталудан қорғауды жүзеге асырудың күрделілігі жерге тұйықталудың өте аз тогына байланысты, бұл жоғары вольтты желілерде қолданылатын дәстүрлі БФТ қорғанысын қолдануға мүмкіндік бермейді. БФТ жағдайында "сау" желілермен электрмен жабдықтауды тоқтатпау мақсатында, бүгінгі күні орташа кернеулі электр желілері көп жағдайда оқшауланған нейтральмен жасалған, ал қалған жағдайларда резистивті-жерге тұйықталған, компенсацияланған-жерге тұйықталған және аралас нейтраль қолданылады. Нейтральды жерге қосу түріне байланысты релелік БФТ қорғанысы келесі нұсқаларда ұсынылған:

- нөлдік тізбектің кернеуін өлшейтін қорғаныс;
- нөлдік тізбектегі токтың өнеркәсіптік жиілігінің құрамдас бөлігін тіркейтін бағытталмаған қорғаныс;
- нөлдік тізбектегі ток пен кернеудің өнеркәсіптік жиілігінің компоненттеріне бағытталған қорғаныс;
- өнеркәсіптік жиіліктен басқа жиіліктегі токты өлшейтін қорғаныс;
- табиғи түрде пайда болатын нөлдік реттілік тогындағы жоғары жиілікті компоненттерді өлшейтін қорғаныс;
- БФТ өтпелі процесінде нөлдік тізбектегі ток пен кернеу компоненттерін өлшейтін қорғаныс [2].

Ұсынылған БФТ қорғанысының бірқатар кемшіліктері бар. Мысалы, нөлдік тізбектегі кернеуді өлшейтін қорғанысты қолданған кезде, зақымдалған қосылымды іздеу, әдетте, нөлдік тізбектегі кернеудің жоғалу белгісі бойынша қосылымдарды кезекпен өшіру арқылы жүзеге асырылады, бұл іздеу процесінде желінің шамадан тыс кернеуіне және одан кейінгі апаттарға әкелуі мүмкін.

БФТ-мен бағытталмаған ток қорғанысы тек секцияға қосылған қосылыстардың көп саны бар қондырғыларда, олардың әрқайсысында шағын сыйымдылық тоғы бар кезінде ғана тиімді.

Бағытталмаған және бағытталған ток қорғаныстарының кемшілігі мынандай: жерге тұйықталу тоғы, ең алдымен, қысқа тұйықталу орнындағы өтпелі кедергімен анықталады, тұйықталу орнында кедергі бірнеше жүз Ом қарсылық мәнімен болса, токтың қорғаныс жұмысы үшін өте аз болады [2].

Микропроцессорлық және механикалық релелерді салыстыратын болсақ, ғасырдың басында микропроцессорлық релелік қорғанысқа көшуге байланысты мәселе шешілмейтін болып көрінсе, бұл жабдықтың жоғары құнын (егер электромеханикада жасалған релелік қорғаныспен салыстыру жүргізілсе) және осы жабдықты әзірлеумен, құрастырумен және қызмет көрсетумен айналысатын білікті кадрлардың тапшылығын ескере отырып, өте қиын болып көрінді, содан кейін бүгінгі күні микропроцессорлық терминалдардың болуы және олардың функционалдық мүмкіндіктері кейде өсті.

Теорияға сәйкес, релелік қорғаныс электр автоматикасының негізгі түрі болып табылады, онсыз қазіргі заманғы энергетикалық жүйелердің қалыпты және сенімді жұмысы мүмкін емес. Ол энергия жүйесінің барлық элементтерінің күйі мен жұмыс режимдерін үздіксіз бақылауды жүзеге асырады және зақымданулар мен қалыптан тыс режимдердің пайда болуына жауап береді.

Зақымдану пайда болған кезде қорғаныс зақымдану токтарын ашуға арналған электр жабдықтарына әсер ете отырып, зақымдалған аймақты анықтайды және жүйеден ажыратады.

Егер қалыптан тыс режимдер пайда болса, қорғаныс оларды анықтайды және бұзушылықтың сипатына байланысты қалыпты режимді қалпына келтіру үшін қажетті операцияларды жасайды немесе кезекші қызметкерлерге сигнал береді [5].

Иске асыру әдісі бойынша релелік қорғаныс, жоғарыда айтылғандай, электромеханикалық және микропроцессорлық болып табылады. Егер өлшеу түрлендіргіштері екі параметрмен әрекет етсе: ток пен кернеудің мөлшері, содан кейін микропроцессорлық құрылғылар көптеген басқа деректерді есте сақтауға және жұмыс істеуге мүмкіндік береді:

- апаттың себебі;
- қорғаныс уақыты;
- қалыптан тыс режимдер пайда болған кезде өлшенген шамалар;
- графикалық деректер (осциллограммалар, векторлық диаграммалар және т.б.).

Жоғарыда келтірілген ақпарат апаттардың себебін түсінуге және мүмкіндігінше оның пайда болу орнын оқшаулауға мүмкіндік береді. Бірақ қорғаудың мәні, микропроцессорлық немесе электромеханикалық болсын, біртұтас болып қалады: ажыратуға сигнал беру.

Микропроцессорлардағы электромеханикалық және РҚЖА құрылғыларын салыстыруды жалғастыра отырып, екеуінің де қызмет ету мерзімін салыстырғатын болсақ. Электр механикасындағы РҚЖА құрылғыларының техникалық шарттарына сәйкес олардың орташа қызмет ету мерзімі 12 жылды құрайды, бірақ іс жүзінде олардың қалыпты жұмысы 25 жылға дейін созылуы мүмкін, бұл техникалық құжаттамада көрсетілген пайдалану мерзімінен екі еседен асады. Микропроцессорлық терминалдар өз кезегінде орта есеппен 12 жылдан кем емес пайдаланылуда (ақпарат "БЭЖ ФСК" жақ ұйымының стандартынан алынған, СТО 56947007-33.040.20.141-2012 "110-750 кВ қосалқы станциялардың релелік қорғау, автоматика, қашықтан басқару және сигнализация құрылғыларына техникалық қызмет көрсету ережелері").

Бүгінгі күні электромеханикалық релелер әлі де кең таралған және әлі де микропроцессорлармен тең дәрежеде жұмыс істейді. Жоғарыда айтылғандай, бұл көбінесе ұзақ қызмет ету мерзіміне байланысты.

Дереккөздердің бірінде [7] микропроцессорлық терминалдар мен электромагниттік релелердің бір атаусыз компаниясының зақымдану коэффициенті туралы мәліметтер келтірілген, 50-ден 1-ге, яғни электромагниттік елу зақымдануына, микропроцессорлық реленің бір зақымдануы келеді. Микропроцессорлық терминал 10 электромагниттік реле функцияларын орындай алады. Содан кейін микропроцессорлық құрылғылар мен электромагниттік релелердің зақымдану коэффициенті 5-тен 1-ге дейін болады. Микропроцессорлық терминалдағы жеке реле функцияларының нақты орташа санын ескере отырып, жоғарыда келтірілген

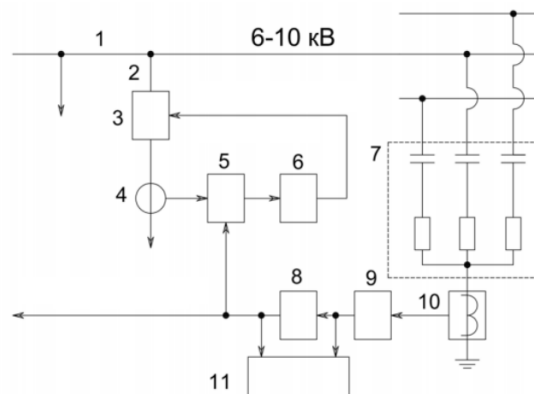
микропроцессорлық құрылғылар мен электромагниттік релелердің зақымдану коэффициенті осы құрылғылар қолданылатын барлық елдерге тән деп санауға болады.

Зерттеу нәтижелері. Релелік қорғанымға байланысты жоғарыда аталған кемшіліктерді болдырмау үшін бірнеше зерттеулер мен пайдалы модельдер ұсынылған, олардың бірі "RC сөндіргіші бар электр желілерінде бір фазалы жерге тұйықталудан бағытталған қорғаныс" болып табылады. Жерге бір фазалы тұйықталудан қорғаудың бұл құрылғысында ажыратқыш, шығатын фидердің нөлдік тізбегі ток датчигі, фазаны анықтайтын модуль, кернеу релесі, сәйкес келетіретін блок, атқарушы реле және кірістері электр желісіне қосылған, ал шығыстары ортақ нүктеге қосылған және Ток трансформаторы арқылы жерге қосылған RC сөндіргішінен жасалған нөлдік реттілік кернеу датчигі бар, сонымен қатар, ток трансформаторының екінші орамасы келісу блогы арқылы, қосымша енгізілген сигнал тіркеушісінің кірісіне және кернеу релесінің кірісіне қосылады, бұл жағдайда кернеу релесінің шығысы фазаны анықтайтын модульдің кірісіне және сигнал тіркеушісінің кірісіне қосылады.

Құрылғының артықшылығы-кеңейтілген функционалдығы бар бір фазалы жерге тұйықталудан қорғаудың қарапайым және арзан құрылғысы, ол кез-келген БФТ кезінде және бейтарап режимдермен 6-10 кВ кернеулі электр желілерінің қауіпсіз және сенімді жұмысын қамтамасыз етеді.

1-суретте электр желілерінде жерге бір фазалы тұйықталудан қорғау құрылғысының блок-схемасы көрсетілген:

- 1-электр желісі,
- 2-шығатын фидер,
- 3-қосқыш,
- 4-нөлдік тізбекті ток сенсоры,
- 5-фазаны анықтайтын модуль,
- 6 - атқарушы реле,
- 7-RC сөндіргіш,
- 8-кернеу релесі,
- 9-келісу блогы,
- 10-ток трансформаторы,
- 11-сигнал тіркеушісі.



Сурет 1 - БФТ қорғау құрылғысының Блок-схемасы
Бұл құрылғы келесідей жұмыс істейді:

1-ші электр желісіндегі ОЗЗ пайда болуы 7-ші РС сөндіргішінде, мәні бойынша, бүлінбеген шығатын фидерді, сондай-ақ бүлінбеген фидерлердегі сыйымдылықтар арқылы нөлдік тізбектегі токтың пайда болуына әкеледі, ол 10-шы тоқ трансформаторы мен оның қайталама орамасы арқылы өтеді, содан кейін 9-шы сәйкес блокта нөлдік кернеуге айналады. Бұл жағдайда оның фазасы анықтама бойынша зақымдалмаған фидердің 4 сенсорынан ток фазасына сәйкес келеді. Содан кейін РС сөндіргішіндегі токтың теңгерімсіздігімен анықталатын 8 кернеу релесіндегі нүктеден асатын U_0 сигналы және әдетте 20-40 мс БФТ кезіндегі өтпелі процестің ұзақтығына кідіріспен 5 фазаны анықтайтын модульге түседі. Осы процеспен бір мезгілде және синхронды түрде 4 сенсорынан сигнал келіп түседі және 5 фазаны анықтайтын модульде U_0 сигнал фазасымен салыстырылады. Бұл ретте олардың өзара фазаға қарсы жай-күйі зақымдалған фидерді көрсетеді және фазаны анықтайтын модульден 5 осылайша қалыптасқан сигнал 6 атқарушы релеге келіп, кейіннен сигналға немесе зақымдалған фидердің 3 ажыратқышының ажыратылуына әсер етеді. Сонымен қатар, U_0 сигналы электр желісіндегі БФТ фактісін тіркейтін 11 сигнал тіркеушісіне де түседі [3].

Ғылыми нәтижелерді талқылау. Ұсынылған құрылғының артықшылығы-кеңейтілген функционалдығы бар бір фазалы жерге тұйықталудан қорғаудың қарапайым және арзан құрылғысы, ол кез-келген БФТ кезінде және бейтарап режимдермен орташа кернеулі электр желілерінің қауіпсіз және сенімді жұмысын қамтамасыз етеді.

Ұсынылған құрылғыны микропроцесірлік релелерінің негізінде жасалған тиімді. Микропроцессорлық релелердің артықшылықтары:

– апаттың алдында және апат кезінде апаттық жағдайды талдау үшін режимдерді жазып, содан кейін ойнатуға мүмкіндік береді;

- қосылған компьютердің көмегімен іске қосу параметрлерін өзгертуге және бір сипаттамадан екіншісіне таза бағдарламалық жасақтамамен өтуге мүмкіндік береді;

- олардың жай-күйі туралы барлық ақпаратты арнайы байланыс арналары арқылы қашықтағы диспетчерлік пункттерге беруге мүмкіндік береді;

– релелік қорғаныс жиынтығының конфигурациясын өзгертуге мүмкіндік береді: жеке функцияларды қосуға болады немесе өшіруге болады (яғни, жеке релелерді қосу немесе ажырату) таза бағдарламалық жасақтамамен, жалғанған сыртқы компьютермен.

- бір шағын микропроцессорлық реле кәдімгі электромеханикалық релелердің бүкіл тобын алмастыра алады. Бұл әсіресе қашықтан басқару пульті сияқты күрделі қорғаныстарға қатысты. Осының арқасында релелік қорғанысы бар шкафтар алып жатқан қымбат аумақтарды үнемдеуге болады.

- электромеханикалық релелерге қарағанда апаттық режимдерге айтарлықтай жоғары сезімталдықты жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

- механикалық қозғалатын элементтері бар электромагниттік релелермен салыстырғанда статикалық микропроцессорлық релелердің сенімділігі жоғары.

Қорытынды. Бұл мақалада жалпы релелік қорғаныс саласындағы проблемаларға, атап айтқанда, бір фазалы жерге тұйықталудан релелік қорғауға, заманауи қорғаныс жүйелерін талдауға және мүмкін болатын шешімдерге қатысты кейбір маңызды мәселелер қарастырылды. Олардың шешімінде ықтимал ілгерілеу ретінде жерге бір фазалы тұйықталудан

құрылғының блок-схемасы ұсынылды, оны іске асыру БФТ кезінде пайда болатын зақымдардың санын едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Авариялық көрсеткіштерді төмендете отырып, авариялық-қалпына келтіру жұмыстарын жүргізуге, электр жабдықтарын жоспарлы және жоспардан тыс жөндеуге жұмсалатын жалпы шығындар да азаяды, бұл түскен қаражатты басқа да күрделі міндеттерді шешуге бөлуге мүмкіндік береді, осылайша тұтастай алғанда энергия жүйесін жақсартады.

Электромеханика мен микропроцессорлардағы құрылғыларды салыстыруға келетін болсақ, прогресс алға жылжиды және жабдықтың бір түрін екіншісіне ауыстыру процесі сөзсіз деп айтуға болады. Ия, әрине, микропроцессорлық терминалдардың бірқатар кемшіліктері бар, бірақ уақыт өте келе жұмыс істейтін және жойылатын кемшіліктер кез келген дамудың ажырамас бөлігі болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Шуин, В.А. Электр желілеріндегі жерге тұйықталудан қорғау 6-10 кВ [Мәтін] / В.А. Шуин, А.В. Гусенков. – М., 2001. - 104 б.
2. 6-35 кВ электр желілеріндегі жерге тұйықталу [Электрондық ресурс]. – Қолжетімділік режимі: <http://bib.convdocs.org/v26434>.
3. Дмитриченко, В.И. Патентке өнертабыстың сипаттамасы №35044 [Мәтін] / В.И. Дмитриченко, Н.Т. Өмірзақов. – 2020 ж. - 5 б.
4. ГОСТ 18410-73 «Сіндірілген қағаз оқшаулағышы бар қуат кабельдері». Техникалық шарттар [Мәтін] / [?].
5. Чернобровов, Н. В. Релелік қорғаныс [Мәтін]: техникалық мектептерге арналған оқу құралы. 5-ші басылым / Н.В. Чернобровов. - М.: "Энергия", 1974. – 205 б.
6. Ұйым стандарты 56947007-33. 040.20. 141-2012. "110-750 кВ қосалқы станциялардың релелік қорғау, автоматика, қашықтан басқару және дабыл құрылғыларына техникалық қызмет көрсету ережелері" [Мәтін] / [?].
7. Гуревич, В.И. Микропроцессорлық қорғаныс релелерінің осалдығы: мәселелер мен шешімдер [Мәтін] / В.И. Гуревич. – М.: Инфра-Инженерия, 2014. – 168 б.

Мақала редакцияға 2.11.22 түсті.

В.И. Дмитриченко, Н.Т. Өмірзақов, А.А. Ермекбаев, Д.В. Прищепин

Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева,
Алматы, Казахстан

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ И ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Аннотация. В данной статье представлены основные характеристики распределительных сетей на сегодняшний день и методы борьбы с однофазным замыканием на землю и перенапряжениями, которые применяются в современном мире. Данная статья является работой, представляющей анализ применяемых в данный момент защит в распределительных сетях, и ставящая под сомнение надежность выполнения защит.

Ключевые слова: распределительная сеть, релейная защита, однофазное замыкание, перенапряжение, электрическая дуга, нейтраль, кабельная линия.

V.I. Dmitrichenko, N.T. Omirzakov, A.A. Yermekbayev, D.V. Prishchepin

Almaty University of Power Engineering and Telecommunication named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Kazakhstan

**THE CURRENT STATE AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF RELAY PROTECTION
AGAINST SINGLE-PHASE EARTH FAULTS AND OVERVOLTAGES**

Abstract. This article presents the main characteristics of distribution networks today and methods of combating single-phase earth fault and overvoltage, which are used in the modern world. This article is a work that represents an analysis of the relay protection currently used in distribution networks, and calls into question the reliability of the protection.

Keywords: distribution network, relay protection, single-phase short circuit, overvoltage, electric arc, neutral, cable line.

References

1. Shuin, V.A. Élektr jelilerindegi jerge tuyıqtalwdan qorğaw 6-10 kV [Earth fault protection in power lines 6-10 kV]. - Moscow, 2001. - 104 p.
2. Earthing in 6-35 kV power lines [Electronic resource]. – Availability mode: <http://bib.convdocs.org/v26434>.
3. Dmitrichenko, V.I. Patentke ónertabıstıñ sipattaması [Description of the invention to the patent] No. 35044. - 2020 - 5 p.
4. GOST 18410-73 "Power cables with impregnated paper insulation". Specifications.
5. Chernobrovov, N. V. Relelik qorğanı [Relay protection]: textbook for technical schools. 5th edition. -- Moscow: "Energy", 1974. - 205 p.
6. Organization standard 56947007-33. 040.20. 141-2012. "Rules for maintenance of relay protection, automation, remote control and alarm devices of 110-750 kV substations".
7. Gurevich, V.I. Mikroprocessorlıq qorğanı releleriniñ osaldıǵı: máseleler men şeşimder [Vulnerability of microprocessor protection relays: problems and solutions]. - Moscow: Infra-Engineering, 2014. - 168 p.