

ӘОЖ 62-21474
МРНТИ 44.29.37
DOI 10.56525/VAUM2351

20 кВ ТАРАТУ ЖЕЛІСІНІҢ НЕЙТРАЛ ЖЕРЛЕНДІРГІШІН ПАЙДАЛАНУДЫҢ НЕГІЗДЕМЕСІ

Т.Т.Коптлеуов¹, М.Т.Ережепов²

¹Есенов университеті, Ақтау, Қазақстан

²Бердах атындағы Қаракалпак мемлекеттік университеті, Нүкіс, Өзбекстан
e-mail: turarbek.koptleuov@yu.edu.kz, e_madiyar@karsu.uz

Аннотация: Бұл мақалада 20 кВ кернеулі электр желілерінде нейтральді жерге қосу режимін таңдау мәселесі қарастырылады. Орта кернеулі электр желілерінің сенімді және қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ету энергетикалық жүйелерді пайдалану кезінде маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Осы тұрғыдан алғанда, желі нейтралін резистор арқылы жерге қосу тәсілін қолдану желінің сенімділігін арттыруға және апаттық жағдайлардың алдын алуға мүмкіндік береді. Зерттеу барысында нейтральді резистор арқылы жерге қосу режимінің жұмыс ерекшеліктері, оның электр желілерінің тұрақтылығына және қорғау жүйелерінің тиімді жұмысына әсері талданды.

Атап айтқанда, мұндай жерге қосу әдісі бір фазалы қысқа тұйықталу кезінде ақаулы желілерді автоматты түрде анықтауға және оқшаулауға мүмкіндік беретіні көрсетілді. Сонымен қатар бұл тәсіл электр жабдықтарына түсетін артық кернеулердің деңгейін төмендетуге және апаттық жағдайлардың ықтималдығын азайтуға жағдай жасайды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, желідегі үзілістер немесе коммутациялық процестер кезінде артық кернеулердің рұқсат етілген деңгейін сақтау үшін нейтраль резисторының мәнін белгілі бір шектерде арттыру қарастырылады. Бұл өз кезегінде бір фазалы қысқа тұйықталу тогының шамасын азайтуға мүмкіндік береді.

Жүргізілген талдау нәтижелері 20 кВ электр желілерінде нейтральді резистор арқылы жерге қосу режимін қолдану электрмен жабдықтау жүйесінің сенімділігі мен қауіпсіздігін арттыруда маңызды рөл атқаратынын көрсетеді.

Түйін сөздер: нейтрал резистивті жерге қосу, кедергі, қосалқы станция, асқын кернеу, электр қауіпсіздігі, релелік қорғаныс.

Кіріспе

Электр энергиясын таратудың 20 кВ кернеулі жүйелерінде бейтараптың жерге қосылу режимін дұрыс таңдаудың маңызы жоғары, себебі ол желінің сенімділігіне, апаттық режимдердегі тұрақтылығына және жабдықтардың электрлік беріктігіне тікелей әсер етеді.

Қазіргі уақытта тарату желілерінде кабельдік желілердің үлесі артып, тұтынушылардың электрмен жабдықтауға қойылатын талаптары күшейді. Осындай жағдайда изоляцияланған немесе глухозаземленный нейтраль режимдері бірқатар шектеулерге ие: дугалық асқын кернеулердің туындауы, ұзаққа созылатын жерге тұйықталу процестері, селективті қорғаныстың дұрыс жұмыс істемеуі және жабдықтарға түсетін электрлік жүктеменің артуы.

Сондықтан резистивті жерге қосылған бейтарап режимі 20 кВ желілері үшін ең тиімді және техникалық тұрғыдан негізделген шешім ретінде қарастырылады. Бұл режим бірфазалы жерге тұйықталу тогын басқарылатын деңгейде шектей отырып, асқын кернеулерді азайтады, кабельдік желілердің қызмет ету мерзімін ұзартады, апаттық жағдайларды анықтау мен оқшаулауды жеңілдетеді.

Осылайша, резистивті заземление нейтралі қолдану қазіргі талаптарға сай, желінің сенімді жұмысын қамтамасыз етуге бағытталған өзекті инженерлік міндет болып табылады.

20 кВ тарату желісінде нейтрал жерге қосу режимін таңдау электр тарату желілерін жобалау, пайдалану және қайта құру кезінде маңызды мәселе болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

20 кВ желідегі нейтрал жерге қосу режимі анықтайды:

- *бір фазалы қысқа тұйықталу жағдайында - әсер етілмеген фазалардағы артық кернеу;*
- *бір фазалы қысқа тұйықталу жағдайында персонал мен электр жабдықтарының қауіпсіздігі;*
- *бір фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі ақаулық орнындағы ток;*
- *бір фазалы релелік қысқа тұйықталудан қорғаныс;*
- *тұтынушыларды үздіксіз және сенімді электр қуатымен қамтамасыз ету;*
- *электр жабдықтарының оқшаулау деңгейі;*
- *Қосалқы станцияның жерге қосу тізбегінің рұқсат етілген кедергісі.*

Осылайша, 20 кВ желілерде нейтрал жерге қосу режимі берілген желіде енгізілген көптеген техникалық шешімдерге әсер ететіні анық. 20 кВ желілерде (орташа кернеулі желілер) бүкіл әлемде нейтрал жерге қосудың екі түрі қолданылады:

- 1 - изоляцияланған нейтрал;
- 2 - резистор арқылы жерге қосылған нейтрал.

Дамыған елдердегі орташа кернеулі тарату желілерінің жұмыс сипаттамаларын зерттеу Швеция, Франция, Италия және Германия сияқты 20 кВ желілердің 75%-дан астамы резистор негізіндегі нейтрал жерге қосуды пайдаланатынын көрсетті. Бұл мақаланың мақсаты - 20 кВ желілерде резистор негізіндегі нейтрал жерге қосуды пайдалануды зерттеу [1].

Негізгі бөлім Жинақталған әлемдік және жергілікті тәжірибе орташа кернеулі желілердің нейтрал жерін резистивті жерге қосуға ауыстыру кернеу трансформаторының орамаларында айтарлықтай шамадан тыс кернеуге немесе тоқтың жоғарылауына әкелетін бірқатар қауіпті процестерді жою арқылы 20 кВ электр желілерінің сенімділігін айтарлықтай жақсартатынын көрсетеді [2].

Желі нейтрал жерін резистормен жерге қосу мүмкіндік береді:

- 1) *Жабдықты оқшаулау үшін бір фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі артық кернеуді тиімді түрде төмендету;*
- 2) *кернеу трансформаторының өзектерінің қанығуынан туындаған қауіпті феррорезонанс құбылыстарын жою;*
- 3) *бір фазалы қысқа тұйықталу қорғанысы арқылы қысқа тұйықталу нүктелерін анықтауда селективтілікті қамтамасыз ету.*
- 4) *резонанстық процестерді басу арқылы қысқа тұйықталу қорғанысының дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету [3].*

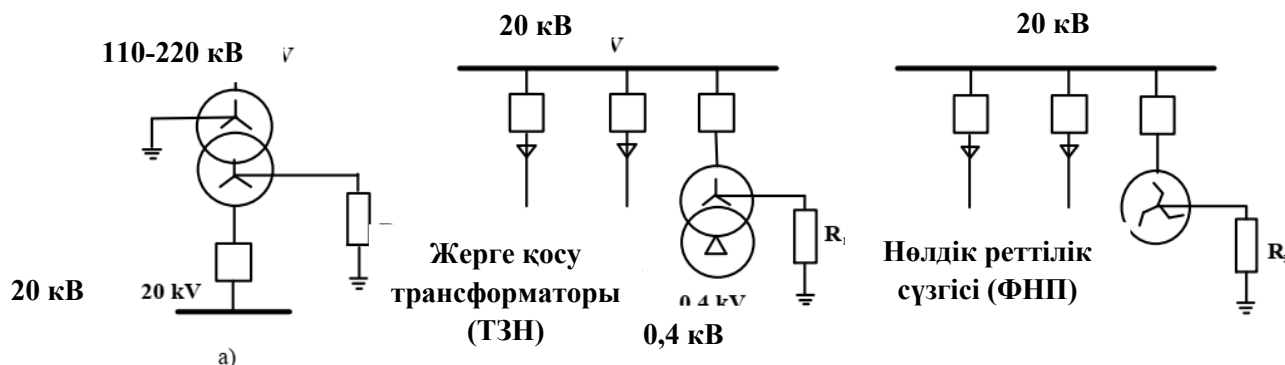
Нейтрал резисторға қысқа тұйықталған кезде бір фазалы қысқа тұйықталу кезінде жерге шамадан тыс кернеуді шектеу тізбекте ток болмаған кезде зақымдалмаған фазалардың сыйымдылығының разряд уақытының тұрақтысын азайту және нейтрал кернеуді бір деңгейге төмендету арқылы жүзеге асырылады.

Нейтрал жерге қосу резисторының қосылу схемалары. Қазіргі заманғы тәжірибеде үш негізгі резисторды қосу схемасы кеңінен қолданылады:

1. Фидер орталығындағы нөлдік тізбекті кернеулері бар 220(110)/20 кВ қуат трансформаторының тізбегін нейтралқа (Y_0/Y_0) қосыңыз (1-сурет, а қараңыз).
2. Резисторларды Y_0 -11 жерге қосу тізбегі бар 20/0,4 кВ жерге қосу трансформаторының арнайы нейтрал сымына қосыңыз (1-сурет, б қараңыз).
3. Зигзаг қосылу схемасы (Z_0) бар нөлдік тізбекті сүзгіні (SF) пайдалану (1-сурет, с қараңыз) [4].

Бұл схемалардың әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен әртүрлі электр желісі жағдайларында қолдану ерекшеліктері бар, бұл нақты тапсырмалар мен жұмыс жағдайлары үшін оңтайлы таңдауды анықтау үшін қосымша талдау мен зерттеуді қажет етеді. Нейтралқа арналған жоғары вольтты төмен жиілікті резистивті жерге қосу құрылғысы бір фазалы қысқа

тұйықталу орын алған желіні селективті жылдам ажыратуға (релелік қорғаныс құрылғыларын пайдалану үшін қажетті уақыт ішінде) және өнеркәсіптік жиіліктің нөлдік тізбекті тогының белсенді компонентін жасауға арналған. Төмен кедергілі резисторлардың номиналды мәндері 1-кестеде келтірілген [5].



1-сурет. Резистор арқылы 20 кВ желілік нейтрал жерге қосу тізбегі

1-кесте. 20 кВ тарату желілерінде қолданылатын төмен кедергілі резисторлардың номиналды мәндері

Резистор қуаты, кВт	5391	4043	3234	2310	2021	1797	1294	1078	809	539	404	323
Резистордың номиналды кедергісі, Ом	30	40	50	70	80	90	125	150	200	300	400	500
Резистор тогы, А	424	318	254	182	159	141	102	85	64	42	32	25

Жоғары вольтты резистор арқылы нейтралды жерге қосу желідегі артық кернеуді қолайлы деңгейге дейін төмендетеді, сигналға әсер ететін бір фазалы жерге қосу кезіндегі қысқа тұйықталудан селективті, тиімді қорғанысты қамтамасыз етеді және қорғаныс астында бір фазалы жерге қосу кезіндегі қысқа тұйықталулар кезінде желінің ұзақ мерзімді жұмыс істеуіне мүмкіндік береді. Жоғары кедергілі резисторлардың номиналды мәндері 2-кестеде келтірілген.

2-кесте. 20 кВ тарату желісінде қолданылатын жоғары кедергілі резисторлардың номиналды мәндері

Резистор қуаты, кВт	404,3	269,5	202,1	34,8	115,5	89,8	64,7	53,9	40,4	32,3	23,1	20,2
Резистордың номиналды кедергісі, Ом	400	600	800	1200	1400	1800	500	3000	4000	5000	7000	8000
Резистор тогы, А	31,8	21,2	15,9	10,6	9,1	7,1	5,1	4,2	3,2	2,5	1,8	1,6

Резисторды пайдаланып нейтрал жерге қосу режимін таңдау шарттары.

Желілік нейтрал үшін резистордың жерге қосу түрін анықтау міндеті көп қырлы және келесі компоненттерді қамтиды:

- Электр қауіпсіздігінің жоғары деңгейін қамтамасыз ету;
- тұтынушыларды сенімді және үздіксіз электр қуатымен қамтамасыз ету;
- желідегі шамадан тыс кернеу деңгейін төмендету;
- төтенше жағдайлардан сенімді релелік қорғанысты ұйымдастыру;
- резистивті жерге қосуды қолданудың техникалық-экономикалық негіздемесі;

- резисторды қосатын трансформатордың қуатын анықтау [6].
- Резистор мәні электр қауіпсіздігі талаптарына негізделіп таңдалады.

Электр қауіпсіздігі талаптарына қосалқы станциядағы бір фазалы жерге тұйықталуы кезінде адамдардың электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету, рұқсат етілген жерге тұйықталу кедергісі немесе тангенциалды кернеудің қолданыстағы стандарттарын ескеру кіреді. Нейтрал резистор арқылы жерге тұйықталған 20 кВ қосалқы станция үшін рұқсат етілген жерге тұйықталу кедергісінің мәні R_{perm} болып табылады. Бұл электр қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

$$R_{perm} \leq \frac{R_{g.d.} \cdot R_n}{\sqrt{R_n^2 + X_c^2}}, \quad [\text{Ом}]$$

(1)

Бұл жерде $R_{g.d.}$ - Электр жабдықтарын орнату ережелерімен көрсетілген жерге қосу құрылғысының кедергі мәні тармаққа сәйкес жерге қосу құрылғысының рұқсат етілген кедергісін таңдау немесе қосалқы станцияда зақымдалған қосылысты үзуге байланысты арнайы қорғаныс шараларын қолдану арқылы.

Тұтынушыларды электрмен жабдықтаудың сенімділігі.

Бір фазалы қысқа тұйықталулар болуы мүмкін жағдайда, электр желісінің қауіпсіз және тұрақты жұмысын қамтамасыз ету қажет болған кезде, жоғары кедергілі нейтрал жерге қосуды пайдалану өте маңызды. Бұл қысқа тұйықталу токтарын азайтады, бұл өз кезегінде электрмен жабдықтау жүйесі жабдықтарының тұтастығын сақтауға және ықтимал төтенше жағдайлардың алдын алуға көмектеседі.

Бұл резистордың жерге қосу тиімділігі қабылданған сигнал мен кіріктірілген релелік қорғаныс негізінде бір фазалы қысқа тұйықталуды анықтау арқылы айтарлықтай артады. Бұл интеграцияланған тәсіл жүйенің сенімділігін қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар жабдықтар мен инфрақұрылымға келтірілуі мүмкін залалдың алдын алады, энергетикалық жүйелердің қауіпсіздігі мен үздіксіз жұмысын қамтамасыз етеді [8,9].

Кедергі мәні артық кернеу деңгейін төмендету талабына негізделіп таңдалады.

Резистор мәні желі оқшаулағышы мен электр жабдықтарын рұқсат етілген артық кернеу коэффициентімен анықталатын артық кернеуден қорғаудың қажетті деңгейіне байланысты артық кернеу деңгейін төмендету критерийіне негізделіп таңдалады. K_O :

$$K_O = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{пнх}}}{U_L}, \quad (2)$$

$U_{\text{пнх}}$ Бұл шина бөліміне қосылған жабдық үшін профилактикалық тексеру кернеуі.

Бұл жағдайда асқын кернеу коэффициенті:

– Төмен кедергілі резисторды жерге қосу үшін $K_O=1,0-2,2$

- жоғары кедергілі резисторды жерге қосу үшін $K_O=2,2-2,6$

Асқын кернеу деңгейінің белгілі мәнімен резистордың кедергісі K_0 коэффициентімен анықталады.

$$R_n = X_c \cdot \frac{K_O - 1}{3,4 - K_O}, \quad [\text{Ом}] \quad (3)$$

X_c сыйымдылық реактивтілігі келесідей анықталады ма?:

$$X_c = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot I_c}, \quad [\text{Ом}] \quad (4)$$

Асқын кернеуді азайтуға арналған резисторларды сертификаттаудың анықтаушы критерийі - төмендегі өрнекті пайдаланып есептелетін асқын кернеу коэффициентінің K_O мәні.

$$K_O = \frac{2,4R_n}{R_n + X_c} + 1 \quad (5)$$

Желілік және электр жабдықтарын шамадан тыс кернеуден оқшаулаудың негізгі қорғаныс деңгейі - айналмалы машиналарды профилактикалық сынау стандартына сәйкес келетін $K_0 = 2,6$ қорғаныс деңгейі. $K_0 > 2,6$ қорғаныс деңгейін таңдау тиісті түрде негізделуі керек.

Кедергі мәнін таңдау релелік қорғаныс жүйесінің тиімді жұмысына негізделген.

Релелік қорғаныс жүйесінің тиімді жұмыс критерийіне негізделген кедергі мәнін таңдау қажетті селективтілік пен сезімталдықпен қорғаныс түрін анықтаудан тұрады. Жерге бір фазалы қысқа тұйықталу кезінде нейтрал төмен кедергілі резистормен жерге қосылған кезде қысқа тұйықталу нүктесі арқылы ондағаннан жүздеген амперге дейінгі ток өтеді, осылайша нөлдік тізбекті шамадан тыс ток қорғанысы орнатылады, бұл ақаулы желіні тиімді түрде ажыратады [7]. Нейтрал жоғары кедергілі резистормен жерге қосылған кезде, қарапайым ток қорғанысы да, тізбекке немесе сигналға әсер ететін күрделі қорғаныс түрлері де орнатылуы мүмкін. Релелік қорғаныс және автоматика жүйесі тиімді жұмыс істеген жағдайда, рұқсат етілген резистор кедергісі келесі өрнекпен анықталады:

$$R_n \leq \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot I_{o.c.}}, \quad [\text{Ом}] \quad (6)$$

Бұл жерде $I_{o.c.}$ - бір фазаның жерге тұйықталуы кезіндегі релелік қорғаныстың жұмыс тогы.

$I_{o.c.}$ мән қорғалған қосылымның максималды ішкі тогына негізделіп орнатылады:

$$I_{o.c.} = k_r K_{itcc} I_{i.\max} \quad (7)$$

Бұл жерде $k_r=1,2$ бұл сенімділік коэффициенті; K_{itcc} Бұл бір фазалы қысқа тұйықталу орын алған кездегі сыйымдылық тогының артуын ескеретін коэффициент (RT-40 релесі үшін 3,5–5, RTZ-51 релесі үшін 2–3 және 5 разрядты қорғаныс үшін 1–1 қолайлы).

Бір фазалы жерге тұйықталған қысқа тұйықталу жағдайында қорғаныс сезімталдығы келесі формуланы пайдаланып тексеріледі:

$$k_s = \frac{I_{shc}}{I_{o.c.}} \quad (8)$$

Бұл жерде $I_{u.c.}$ қысқа тұйықталу тогының жалпы шамасына, яғни қысқа тұйықталудан қорғау құрылғысы орналасқан жерде ағып жатқан жалпы сыйымдылық тогының және резистордың белсенді жерге қосу тогының геометриялық қосындысына тең. Сезімталдық коэффициенті тең болуы керек:

$k_s \geq 1,5$ – әуе және кабель желілерін қорғау үшін;

$k_s \geq 2$ - қозғалтқышты қорғау үшін .

Резистордың жылу кедергісін тексеру.

Резистордың кедергі мәні шинадағы максималды жұмыс кернеуіне (м.ж.к) негізделіп таңдалуы керек. $U_{м.ж.к.}$, $U_{м.ж.к}$ кернеуі 24 кВ желіге 20 кВ;

Резистордың кедергі мәні шинадағы максималды жұмыс кернеуіне негізделіп таңдалуы керек. $U_{м.ж.к.}$, $U_{м.р.н}$ кернеуі 24 кВ желіде 20 кВ;

Төмен Омды резистордың жылулық кедергісі рұқсат етілген қысқа мерзімді токпен бағаланады, $I_{perm}=8$ осы шарттарға сәйкес келуі керек.

$$I_{perm} \geq I_r \quad (9)$$

I_r - бір фазаның жерге тұйықталуы кезіндегі резистор арқылы өтетін ток күші. Оның мәні келесідей анықталады:

$$I_r = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot R_n}, \text{ A} \quad (10)$$

Резисторды қосатын трансформатордың қуатын анықтау.

Резисторды нейтрал желіге қосудың ең қарапайым және кең таралған тәсілі - Y/Ө-11 шамын қосу схемасы бар арнайы жерге қосу трансформаторын (ТЗ) орнату (1.б-сурет). Бұл трансформатордың қуаты көрсетілген шартқа негізделіп таңдалады:

$$S_T \geq \frac{U^2}{3k_o \cdot R_n}, \text{ кВА} \quad (11)$$

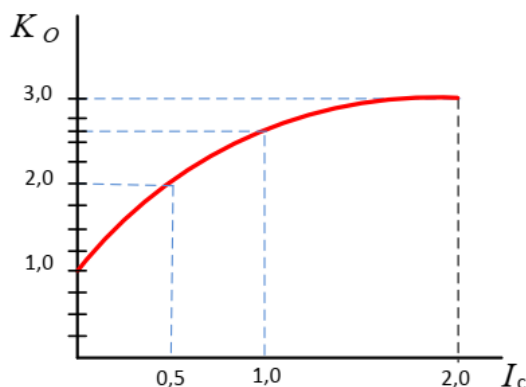
$k_o = 1.0-1.4$ трансформатордың рұқсат етілген шамадан тыс жүктелу коэффициенті болып табылады.

Арнайы нөлдік тізбекті сүзгіні нейтрал резистор арқылы жерге қосу үшін де пайдалануға болады (1.с-сурет).

Зерттеу нәтижелері

20 кВ қуат жүйесінің параметрлерін өзгертудің K_o мәніне әсері.

20 кВ қуат жүйесінің жұмысы кезінде электр жабдықтарын алдын алу үшін қосылымдарды ажыратуға немесе іргелес шина бөлігін секциялау қосқышын жабу арқылы қосуға болады. Мұндай әрекеттер сыйымдылық тогының жерге түсуін айтарлықтай өзгертеді. K_o асқын кернеу деңгейін төмендету шартына сүйене отырып, есептеулер келесі нәтижелерді көрсетті. Сыйымдылық тогының екі еселенуімен K_o 16%-ға төмендеді, ал сыйымдылық тогының екі еселенуімен I_g 11%-ға өсті. K_o . Формулань пайдаланып есептелген тұрақты мәндегі сыйымдылық тогына (2) шаманың тәуелділігі 2-суретте көрсетілген.



2-сурет. K_o мәнінің сыйымдылықты жерге қосу тогына тәуелділігі

Нейтрал резистордың жерге қосу параметрлерін есептеу кезінде жерге қысқа тұйықталу токтары пайда болған кездегі мәnnің өзгеруін ескеру қажет. K_o электр желісіндегі қосылымдарды ажыратқан кезде, тұрақты коэффициент мәнін белгіленген немесе қолайлы деңгейде ұстап тұру үшін бір фазалы жерге қосу кезінде қысқа тұйықталу токының төмендеуіне сәйкес келетін шамаға резистор мәнін (R_n) арттыру өте маңызды. Бұл тәсіл желінің тұрақтылығын қамтамасыз етеді және жабдықтың зақымдану қаупін азайтады.

Қорытынды

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, келесі қорытындыларды тұжырымдай аламыз:

1. 20 кВ электр желілерінде нейтралтан жерге резисторды қосу әдісі дамыған елдерде кеңінен қолданылады, себебі бұл әдіс изоляцияланған нейтрал желіге қарағанда көптеген артықшылықтар береді.

2. 20 кВ желілерде резистормен нейтрал жерге қосуды пайдалану желінің сенімділігін айтарлықтай жақсарттады, ақаулы желіні анықтау процесін автоматтандырады және бір фазалы қысқа тұйықталу жағдайында апаттардың пайда болу жиілігін азайтады. 3. Тарату қосалқы станцияларынан созылатын желілердің бөліктерін ажыратқан кезде, асқын кернеуден қорғау коэффициентінің төмендеуін ескеру маңызды. Бұл жағдайда резистордың кедергісін арттыру техникалық тұрғыдан маңызды. Бұл асқын кернеу деңгейін бақылауға және жабдыққа

келтірілуі мүмкін залалды азайтуға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл апаттардың ықтималдығын азайтуға және электр желісінің тұрақты және қауіпсіз жұмысын қамтамасыз етуге көмектеседі.

Ұсыныстар:

1) **20 кВ тарату желілерінде нейтралды резистивті жерге қосу режимін енгізу** ұсынылады, себебі бұл режим бірфазалы жерге тұйықталу тогын 50–200 А шегінде ұстап, дугалық асқын кернеулерді тиімді түрде төмендетеді.

2) **Желінің конфигурациясына, кабельдік желілердің ұзындығына және қорғаныс талаптарына** сәйкес нейтрал резисторының оңтайлы кедергісін есептеу қажет. Ұсынылатын диапазон: $R=60\text{--}150$ Ом. Бұл мән қорғаныс құрылғыларының корректті жұмысын қамтамасыз етеді.

3) **Жерге тұйықталу тогын бақылауға арналған** арнайы релейлік қорғаныс пен ток релелерін орнату ұсынылады. Бұл ОЗЗ (однофазное замыкание на землю) орнын жылдам анықтап, апатты оқшаулауды жеңілдетеді.

4) **Бейтарап резисторының жылулық тұрақтылығын** және қысқа уақытты артық жүктемеге төзімділігін есептеп, өндірістік сипаттамаларға сәйкес таңдау қажет.

5) **Техникалық қызмет көрсету регламентіне** бейтарап резисторының күйін, оның жылулық элементтерін және қосылу схемасының тұтастығын мерзімді тексеру пункттерін енгізу ұсынылады.

6) **Кабельдік және әуе желілерінің изоляция күйін** бақылау құралдарын (ИЗПА, УНФ диагностика, өлшеуіш трансформаторлар) қолдану арқылы ОЗЗ қауіпін алдын ала бағалау маңызды.

7) Жергілікті электр желісі компаниялары үшін **жерге тұйықталу режимдерін біріздендіру** және резистивті бейтарап режиміне көшу желінің сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Майоров А.В., Ширковец А.И. Режим нейтрали и организация релейной защиты от замыканий на землю в сети 20 кВ //Релейная защита и автоматика. 2016. № 3.с. 21-28

2. Короткевич, М. А. Повышение надежности электрических сетей с внедрением современных технологий / М. А. Короткевич // Перенапряжения и надежность работы электрооборудования : Международная научно-техническая конференция, Минск, 2004. – Выпуск 3. –с. 147-154.

3. Кужеков С.Л. Низкоомное заземление нейтрали в распределительных сетях напряжением 6-20 кВ// Рускабель. [Электронный ресурс].URL:<https://www.ruscable.ru/>

4. Кадомская, К. П. Об резистивном заземлении нейтрали в сетях 6-35 кВ различного назначения / К. П. Кадомская, А. Б. Виштибеев // Режимы заземления нейтрали сетей 3-6-10-35 кВ : докл. научно-техническая. конф. – Новосибирск, 2000. – с. 41-48.

5. Методические указания по заземлению нейтралей сетей 6-35 кВ: СТП 09110.20187.09–55. – Минск : Белэнергосетьпроект, 2009. – 71 с.

6. Ильиных, М. В. Основные положения по выбору номиналов резисторов для заземления нейтрали сетей 6-35 кВ / М. В. Ильиных, Л. Н. Зарин, А. А. Челазнов // Ограничение перенапряжений и режимы заземления нейтрали сетей 6-35 кВ : Тр. третьей Всероссийской научно-технической конференции. конф., Новосибирск, 2004. – с. 38-44.

7. Зарин Л.И., Ширковец А.И., Ильиных М.В. Опыт применения резистивного заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 6-35 кВ // Энергетика. – 2009. –№4. – с. 13-14.

8. Емельянов Н.И., Ширковец А.И. Актуальные вопросы применения резистивного и комбинированного заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 6-35 кВ.// Энергоэксперт. – 2010. – № 2. - с.44-50.

9. Гайилов Т.Ш., Реймов К.М., Умаров Б.С., Садуақасов Д.С. Электр тұтынушылардың жүктемесін басқару арқылы энергожүйелердің қысқа мерзімді жұмыс режимдерін оңтайлы

жоспарлауда желілік факторды ескеру // *Yessenov Science Journal*. – 2024. – №5. – 52–59 б. – URL: <https://journal.yu.edu.kz/index.php/ym/article/view/124>

JUSTIFICATION FOR THE USE OF NEUTRAL GROUNDING IN A 20 kV DISTRIBUTION NETWORK

¹Koptleuov T., ²Erejepov M.

¹Yessenov University, Aktau, Kazakhstan

²Karakalpak State University named after berdakh, Nukis, Uzbekistan

e-mail: turarbek.koptleuov@yu.edu.kz, e_madiyar@karsu.uz

Abstract: This article discusses the problem of selecting the neutral grounding mode in 20 kV electrical networks. Ensuring reliable and safe operation of medium-voltage power systems is one of the key challenges in modern power engineering. Therefore, special attention is given to the selection of an optimal neutral grounding method that can improve the operational reliability and stability of electrical networks. The study focuses on the application of neutral grounding through a resistor in electrical networks of this voltage level.

The use of resistive grounding of the neutral allows increasing the reliability of the electrical network and simplifies the detection of faulty lines. In particular, in the case of a single-phase short circuit, this grounding scheme enables automatic identification and isolation of the damaged section of the network. In addition, the use of a grounding resistor helps reduce overvoltage levels in the electrical system, which contributes to improving the safety and durability of electrical equipment.

The article also examines the possibility of adjusting the resistance value in order to maintain the required overvoltage coefficient during various operating conditions of the network, including network interruptions and switching processes. Increasing the resistance value allows reducing the current of a single-phase short circuit, thereby minimizing the risk of emergency situations and equipment damage.

The results of the study indicate that the application of resistive neutral grounding in 20 kV electrical networks is an effective technical solution for improving the reliability, safety, and operational stability of modern power supply systems.

Keywords: resistive neutral grounding, resistance, substation, overvoltage, electrical safety, relay protection.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 20 кВ.

Т.Т.Коптлеуов¹, М.Т.Ережепов²

¹Университет Есенова, г. Актау, Казахстан

²Каракалпакский государственный университет им. Бердаха, Нукус, Узбекистан

e-mail: turarbek.koptleuov@yu.edu.kz, e_madiyar@karsu.uz

Аннотация: В данной статье рассматривается вопрос выбора режима заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 20 кВ. Надёжная и безопасная эксплуатация электрических сетей среднего напряжения является одной из важнейших задач современной энергетики. В связи с этим особое внимание уделяется выбору оптимального режима заземления нейтрали, который позволяет обеспечить устойчивую работу электрической сети и повысить её эксплуатационную надёжность. В работе рассматривается применение заземления нейтрали через резистор в сетях данного класса напряжения.

Использование резистивного заземления нейтрали позволяет повысить надёжность электрической сети, а также облегчить процесс обнаружения повреждённых линий. В

частности, при возникновении однофазного короткого замыкания такая схема заземления обеспечивает возможность автоматического выявления и локализации повреждённого участка сети. Кроме того, применение резистора в цепи заземления нейтрали способствует снижению уровня перенапряжений, возникающих в электрической сети, что положительно влияет на долговечность и безопасность работы электрического оборудования.

В статье также рассматривается возможность регулирования параметров резистора для поддержания требуемого коэффициента перенапряжения при различных режимах работы сети, включая сетевые разрывы и коммутационные процессы. Увеличение сопротивления резистора позволяет уменьшить ток однофазного короткого замыкания и тем самым снизить вероятность развития аварийных ситуаций.

Полученные результаты показывают, что применение резистивного заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 20 кВ является эффективным техническим решением, направленным на повышение надёжности и безопасности работы электрических сетей.

Ключевые слова: резистивное заземление нейтрали, сопротивление, подстанция, перенапряжение, электрическая безопасность, релейная защита.