

Электр қондырғыларындағы бейтараптамалардың жұмыс тәртібі

Электр қондырғыларының бейтараптамалары деп генераторлардың немесе трансформаторлардың жұлдызша жалғанған орамаларының ортақ нүктесі аталады.

Машиналар мен трансформаторлардың бейтараптамаларының жермен байланысу түрі белгілі бір дәрежеде электр қондырғыларының оқшаулану деңгейін және коммутациондық аппаратура таңдауын, асқын кернеудің маңызы мен оларды шектеу тәсілдерін, жерге бір фазалы тұйықталу кезіндегі токтарды, реле қорғағышының жұмыс жағдайын және электр желілеріндегі қауіпсіздігін, байланыс желілеріндегі электромагниттік әсерді және т.б. анықтайды.

Бейтараптамалардың жұмыс тәртібіне қарай электрлік торап төрт топқа бөлінеді:

1) жерлендірілмеген (оқшауланған) бейтараптамалары бар үш фазалы торап;

2)резонанстық-жерлендірілген (қарымталанған) бейтараптамалары бар үш фазалы торап;

3)тиімді-жерлендірілген бейтараптамалары бар үш фазалы торап;

4)тікелей-жерлендірілген бейтараптамалары бар үш фазалы торап.

Бірінші және екінші топтарға жерден жерлендірілген немесе жерлендіргіш реакторлар арқылы жерлендірілген бейтараптамалар, трансформаторлар немесе генераторлардың 3-35 кВ кернеулі тораптары жатады.

Тиімді-жерлендірілген бейтараптамалары бар тораптарды 1 кВ. жоғары кернеуге қолданады. Олардың жерге тұйықталу коэффициенті 1,4 аспайды. Жерге тұйықталу коэффициенті деп жерге тұйықталу нүктесіндегі бүлінбеген фаза және жер мен бүлінген фазаның арасындағы потенциалдар әртүрлілігінің тұйықталуға дейінгі осы нүктедегі фаза мен жердің потенциалдар әртүрлілігіне қатысын айтады. Халықаралық электротехникалық комитеттің (ХЭК) нұсқауларына сәйкес тиімдіжерлендірілген желілерге бейтараптамалары жермен тікелей байланыстырылған немесе шағын активті кедергілер арқылы байланыстырылған жоғары және өте жоғары кернеу тораптары жатады. ТМД елдерінде бұл топқа 110 кВ кернеулі және одан жоғары тораптарды жатқызады.

Төртінші топқа 220, 380 және 660 В кернеулі тораптар жатады.

Бейтараптамалардың жұмыс тәртібі жерге тұйықталу тогын анықтайды. Жерге бір фазалы тұйықталу тогы 500 А төмен тораптарды жерге тұйықталудың аз тоқты ТОПАБЫ (негізінен бұл жерлендірілмеген және резонанстық-жерлендірілген бейтараптамалар). 500 А көп токтар жерге тұйықталудың үлкен токтар желілеріне сәйкес келеді (бұл тиімді-жерлендірілген бейтараптамалары бар торап).

а) Жерлендірілмеген (оқшауланған) бейтараптамалары бар үш

фазалы торап

Жерлендірілмеген бейтараптамалар тораптарындағы токтар жерге бір фазалы тұйықталу кезінде процесс талдауын жеңілдету үшін желістің ортасында шоғырланған сыйымдылықтармен шартты түрде алмастырылған фазаның таратылған сыйымдылықтары арқылы өтеді (сур. 1.16). Фазааралық сыйымдылықтар бір фазалы бүлінуде олардың токқа әсері жерде көрінбейтін болғандықтан, бұл жерде қарастырылмайды.

Фазалар кернеуінің дұрыс жұмыс істеу тәртібінде жерге қатысты тораптар $(\vec{U}_A, \vec{U}_B, \vec{U}_C)$ симметриялы және фазалық кернеуге тең, ал жерге қатысты фазалардың сыйымдылық (зарядты) токтары $\vec{I}_{COA}, \vec{I}_{COB}$ и \vec{I}_{COC} да симметриялы және өзара тең (сур. 1.16, а). Фазаның сыйымдылық тогы

$$I_{C0} = U_{\phi} \omega C, \quad (1.1)$$

бұл жерде C – фазаның жерге қатысты сыйымдылығы.

Үш фазаның сыйымдылық токтарының геометриялық сомасы нөлге тең. Қазіргі жерлендірілмеген бейтараптамалары бар тораптарындағы бір фазада дұрыс жұмыс істейтін сыйымдылық тогы, әдетте, бірнеше амперден аспайды және генераторлардың жүктемесіне барынша әсер етпейді.

Жерге қатысты бүлінбеген фазалар кернеуінің бір нүктесінде жерге металдық тұйықталу жағдайында $\sqrt{3}$ есе артады және фазааралық кернеуге тең болады. Мысалы, А фазасының жерге тұйықталуында (сур. 1.16, б) бүліну нүктесіндегі жер үсті осы фазаның потенциалына ие болады, ал В және С фазаларының жерге қатысты кернеуі $\vec{U}'_B = \vec{U}_{BA}$ и $\vec{U}'_C = \vec{U}_{CA}$. фазааралық кернеулерге тең болады.

В және С бүлінбеген фазаларының сыйымдылық токтары да кернеудің $\sqrt{3}$ есе көбеюіне сәйкес артады. А фазасының оның өз сыйымдылығына негізделген жер тогы, бұл сыйымдылық қысқатұйықталған болғандықтан нөлге тең болады.

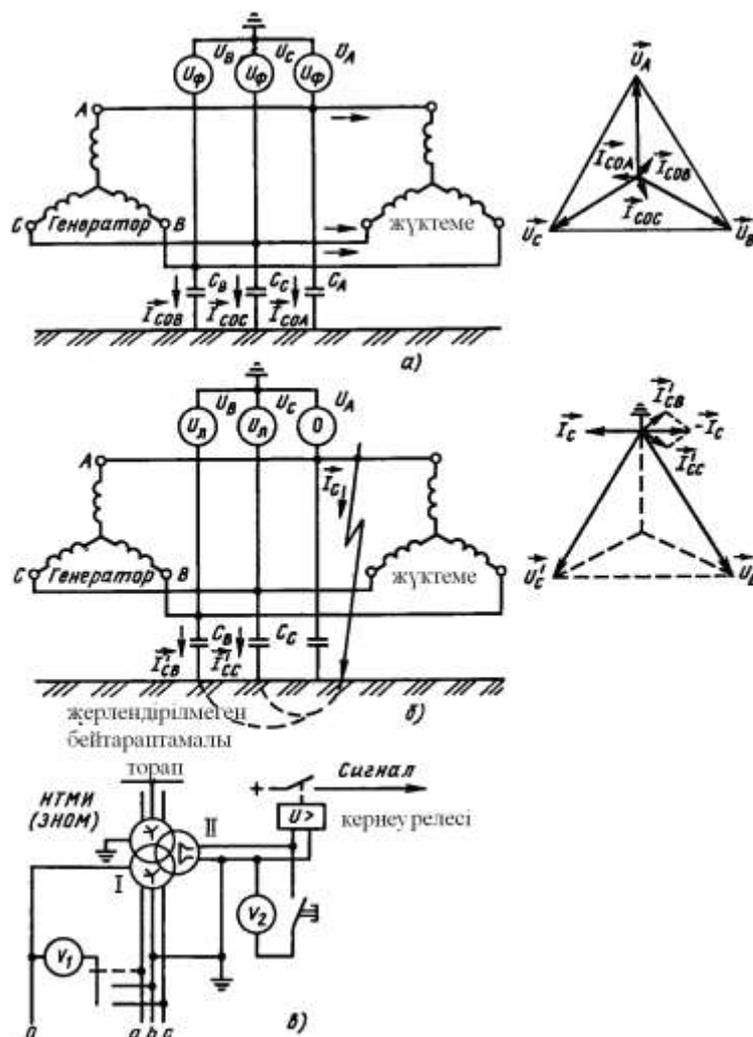
Зақымданған жерде ток үшін жазуға болады:

$$\vec{I}_C = -(\vec{I}_{CB} + \vec{I}_{CC}), \quad (1.2)$$

Яғни бүлінбеген фазалардың сыйымдылық токтары векторларының геометриялық сомасы ток векторын зақымдалған жер арқылы анықтайды. \vec{I}_C тогы дұрыс режимдегі фазаның сыйымдылық тогына қарағанда, 3 есе көп болып шығады:

$$I_C = 3I_{C0} = 3U_{\phi} \omega C. \quad (1.3)$$

(1.3) сәйкес I_C тогы торап кернеуіне, жиілігіне және жерге қатысты фазалар сыйымдылығына байланысты болады, ол негізінен торап сызығы құрылымына және олардың ұзындығына байланысты болады.



Сурет 1.16. Жерлендірілмеген бейтараптамалары бар үш фазалы торап: а-қалыпты режим; б- А фазасының жерге тұйықталу режимі; в- жерге тұйықталуды анықтайтын қондырғы

I_C , А тогын шамамен мына формулалар бойынша анықтауға болады: ауалы тораптар үшін

$$I_C = Ul/350; \quad (1.4)$$

кабельдік тораптар үшін

$$I_C = Ul/10, \quad (1.5)$$

мұнда U – фазааралық кернеу, кВ; l – осы кернеудің электрлік байланысты торабы, км.

Жерге қатынасты бүлінген фазаның кернеуі өтпелі кедергі арқылы жерге тұйықталу жағдайында нөлден көп болады, бірақ фазалықтан аз болады, ал бүлінбеген фазалардікі – фазалықтан көп болады, бірақ желістіктен аз болады. Жерге тұйықталу тогы да аз болады.

Жерлендірілмеген бейтараптамалары бар тораптарда бір фазалы жерге тұйықталу кезінде желіс кернеулерінің үшбұрышы өзгермейді, сондықтан фазааралық кернеулерге қосылған тұтынушылар дұрыс жұмысын жалғастыра береді.

Оның нәтижесінде жерге қатысты бүлінбеген фазалар кернеуі жерге тұйықталу кезінде дұрыс мәнімен салыстырғанда $\sqrt{3}$ есе ұлғаяды, жерлендірілмеген бейтараптамалары бар желілердегі окшаулама фазааралық кернеуге сәйкестендірілуі тиіс. Бұл 35 кВ және одан төмен кернеулі торап бейтараптамаларының осы жұмыс режимін пайдалану аумағын шектейді, мұнда электр қондырғыларының окшауламасының құны анықтағыш болып табылмайды және оның кейбір артуы жерге бір фазалы тұйықталу орташа есеппен окшаулаудың барлық бұзылуының 65% құрайтынын есепке алсақ, тұтынушылардың сенімді қоректенуінің артуымен өтеледі.

Фазалары жерге тұйықталған тораптардың жұмысы кезінде басқа фаза окшауламасының бүлінуі мен жер арқылы фазааралық қысқа тұйықталу пайда болатынын айта кету керек (сур. 1.17). Тұйықталудың екінші нүктесі электрлік байланысты тораптың басқа бөлігінде болуы мүмкін. Олай болса, қысқа тұйықталу бірнеше торап учаскесін сөндіре отырып, бүлдіреді. Мысалы 1.17 сур. көрсетілген жағдайда екі желісті бірден сөндіруі мүмкін.

Осы айтылғанға байланысты, жерлендірілмеген бейтараптамалар торабында персоналды бір фазалы жерге тұйықталудың пайда болатыны жөнінде ескертіп тұратын, арнайы сигналдық құрылғылар міндетті түрде қарастырылады.

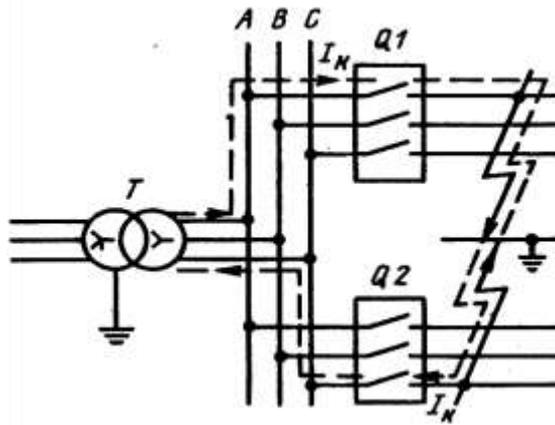
Сонымен, 1.16. сур. жерлендірілмеген бейтараптамалы тораптарындағы окшауламаны бақылау тәсілі көрсетілген. Бақылау құрылғысы тораптарға НТМИ типті кернеу өлшегіш трансформаторлары немесе ЗНОМ типті бір фазалы трансформаторлар тобы арқылы қосылады (4 тар. қараңыз).

Өлшегіш трансформаторлардың қосымша орамалары (сур. 1.16,) мына сұлба бойынша қосылады: бірінші (I) – жұлдызша, екінші (II) – ашық тұрған үшбұрыш. I орама барлық фазалар кернеуін өлшеуге мүмкіндік береді, II орама барлық фазалардың кернеулерінің геометриялық сомасын бақылауға арналған.

Жерлендірілмеген бейтараптамалары бар тораптардағы барлық үш фазаның фазалық кернеулерінің геометриялық сомасы нөлге тең болғандықтан, II орамалар қыспағындағы дұрыс кернеулер нөлге тең. Жерге бірінші реттік кернеу тораптарындағы бір фазаның металдық тұйықталуы кезінде II орамалар қыспағында бүлінбеген екі фаза кернеуінің геометриялық сомасына тең кернеу пайда болады (сур. 1.16,б). II орамалар орамының саны, кернеу бірінші реттік торап фазасының жерге металдық тұйықталуы кезіндегі шықпасында 100 В тең болатындай етіп таңдалып алынады. Өтпелі кедергі арқылы жерге тұйықталу кезінде II орамадағы кернеу тұйықталу орнындағы кедергіге байланысты 0-100 В болады.

II орамаға қосылған кернеу релесі тиісті баптау жағдайында бірінші реттік желілер окшауламасының бүлінуіне әсер етеді және сигналдық құрылғыларды іске қосады (қоңырау, табло).

Электр қондырғыларының персоналы баланс емес кернеулерді (V_2 вольтметрмен) бақылай алады және бүлінген фазаны орнына келтіре алады (V_1 вольтметрмен). Бүлінген фазадағы кернеу барынша аз болады.



Сурет 1.17. Жерлендірілмеген бейтараптамалары бар желілердегі жерге екі рет тұйықталу

Сигнал түскеннен кейін жерге тұйықталу орнын іздеу шапшаң басталуы қажет, бұліну қысқа уақытта жойылуы тиіс. Жерлендірілген фазамен жұмыс істеудің рұқсат етілген ұзақ мерзімі Техникалық пайдалану ережелеріне (ТПЕ) сәйкес анықталады және көптеген жағдайда 2 сағ. аспауы тиіс.

Бір фазалы жерге тұйықталу әсіресе доға арқылы болғанда қауіпті, өйткені доға жабдықтарды бүлдіруі мүмкін және екі немесе үшфазалы ҚТ шақыруы мүмкін (бұл жағдай доға арқылы үш фазалы кабельдің бір талсымы бір фазалы жерге тұйықталу кезінде жиі байқалады). Әсіресе машиналар мен аппараттар ішінде жерлендірілген корпустар немесе жүрекшелерде бір фазалы тұйықталу кезінде пайда болатын доғалар қауіпті.

Жерге тұйықталу орнында белгілі бір жағдайларда жыпылық доға деп аталатын доға пайда болуы мүмкін, яғни біресе сөніп, біресе жанып тұратын доға. Жыпылық доға жер қатынасындағы фазаларда $3,5 U_{\phi}$ дейін жетуі мүмкін асқын кернеудің пайда болуына ұласады. Бұл асқын кернеулер барлық электрлік байланысты желілерге тарайды, оның нәтижесінде оқшаулама бүлінуі мүмкін және әлсіз оқшауланған қондырғылардың бөліктерінде ҚТ пайда болуы мүмкін.

Жыпылық доғалардың көптеп пайда болу мүмкіндігі 5 – 10 А көп сыйымдылық тогының жерге тұйықталуы кезінде болады, оқшаулама үшін доғалық асқын кернеулердің қауіптілігі желілерде кернеудің көбеюімен арта түседі. Токтың рұқсат етілген мәндері қалыптанады (§ 1.2.16 ПУЭ) және олар мына мәндерден аспауы тиіс:

Торап кернеуі, кВ	3-6	10	15-20	35
Сыйымдылық токтың жерге тұйықталуы, А ..	30	20	15	10

Темірбетон және металл тіректердегі желістері бар 3-20 кВ торапта, 10 А көп емес I_C рұқсат етіледі. Генераторлық кернеудегі генератор-трансформатор блоктық сұлбаларында сыйымдылық ток 5 А аспауы тиіс.

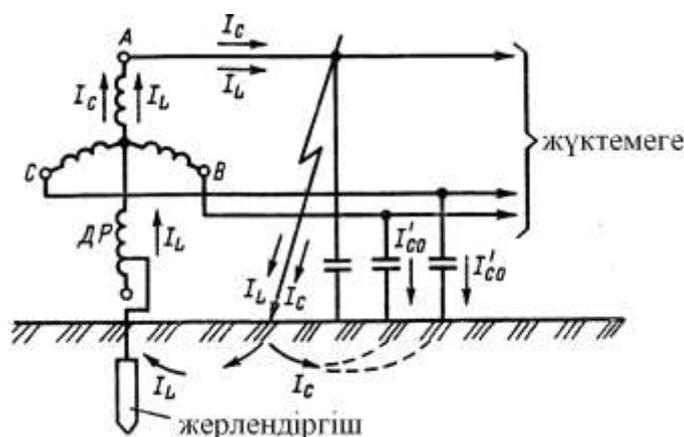
Жерлендірілмеген бейтараптамалары бар тораптардың жұмысы 1 кВ дейінгі кернеуде қолданылады. Бұл жерде жерлендірілмеген бейтараптамалары бар тораптардың негізгі қасиеттері осы кернеуде

сақталады. Оның үстіне, бұл тораптар электрқауіпсіздігінің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді, оларды жылжымалы қондырғыларды, торфтық дайындамаларда және шахталарда қолданған жөн. Жоғары және төмен кернеу орамаларының арасындағы оқшауламаның бүлінуі кезінде пайда болатын қауіптен қорғану үшін бейтараптамаларда немесе әрбір трансформатордың фазасында тесілме сақтандырғыш орнатылады.

б) Резонанстық-жерлендірілген (қарымталанған) бейтараптамалы үш фазалы торап

3-35 кВ тораптарында жерге тұйықталу тогын азайту үшін жоғарыда аталған қалыпты қанағаттандыру мақсатында бейтараптамалардың доғасөндіргіш реакторлары арқылы жерлендіру қолданылады.

Дұрыс жұмыс істеу режимінде реактор арқылы ток көбінесе нөлге тең. Бір фазаның жерге толық тұйықталуы кезінде доғасөндіргіш реактор фаза астындағы кернеу болып табылады және жерге тұйықталу орны арқылы I_C сыйымдылық тогымен қатар I_L реакторының индуктивті тогы да жүреді (сур. 1.18). Индуктивті және сыйымдылық токтар фаза бойынша 180° бұрышқа ерекшеленетіндіктен, жерге тұйықталу орнында олар бір-біріне көмектеседі. Егер $I_C = I_L$ (резонанс), онда жерге тұйықталу орнында ток жүрмейді. Осының арқасында бүлінген жерде доға пайда болмайды және онымен байланысты салдарлар жойылады.



Сурет 1.18. Резонанстық-жерлендірілген бейтараптамалы үш фазалы торап

Торапқа арналған доғасөндіргіш реакторлардың жиынтық күші мына формуламен анықталады

$$Q = nI_C U_\phi, \quad (1.6)$$

бұл жерде n – торап дамуын есептейтін коэффициент; шамамен $n = 1,25$ [1.10] қабылдауға болады; I_C – жерге толық токтың тұйықталуы, А; U_ϕ – тораптың фазалық кернеуі, кВ.

Q есептелген мәні бойынша каталогта қажет номиналды күш реакторлары таңдалынып алынады. Бұл жерде реакторлардың реттелетін ауқымы торап сұлбасындағы мүмкін болар өзгерістер (мысалы, желістер сөнген кезде және т.с.с.) кезінде сыйымдылық токты орнына келтіру үшін

жеткілікті болғанын ескеру қажет. $I_C \geq 50 A$ жағдайында жиынтық күшті екі доғасөндіргіш реактор орнатылады (1.6).

Көп тарағаны 1:2 реттегіш ауқымды кернеуі 35 кВ дейінгі күші 1520 кВ·А дейінгі РЗДСОМ типті (сур. 1.19, а; табл. П1.2) реакторлар. Бұл реакторлардың орамалары кезектесіп келетін ауа саңылаулары бар құрамды магнитөткізгіштерде орналасады және олардың тоқты реттеу үшін компенациялау аралық шықпалары болады. Реакторлар маймен салқындатылады.

Компенсациялауды баптауды мейлінше дәл, бір қалыпты және автоматты түрде жүргізу РЗДПОМ реакторында мүмкін, оның индуктивтілігі жүрекшедегі магниттік емес саңылаулардың өзгеруі арқылы (сур. 1.19, б; кесте, Қ1.2) өзгереді немесе тұрақты ток көзінен алынған магнитөткізгіштің болат сымын магниттау жолымен өзгереді.

Доғасөндіргіш реакторлар қоректендіргіш қосымша станциялардың кем дегенде үш торап желісінің компенсациялануымен байланысты түйіндерінде орнатылады. Генераторлық кернеу торабын компенсациялау кезінде реакторларды, әдетте, генераторларға жақын орналастырады. Доғасөндіргіш реакторларды қосудың ең көп қалыптасқан тәсілдері 1.20 сур. көрсетілген.

1.20, а сур. – қосымша станциялар трансформаторларының бейтараптамаларына қосылған екі доғасөндіргіш реактор көрсетілген, 1.20, б сур. – трансформаторлы блокта жұмыс істейтін генератор бейтараптамаларына қосылған реактор. Сұлбада 1.20, сур. - жалпы жинақтаушы шиналарға жұмыс істейтін екі генератордың біреуінің бейтараптамасына қосылған доғасөндіргіш реактордың қосылуы көрсетілген. Айта кету керек, бұл жерде реакторды қосу шынжыры нөл реттілік ток (НРТ) трансформаторы жүрекшесінің терезесі арқылы өтуі тиіс, ол генераторды жерге тұйықталудан сақтаудың дұрыс жұмысын қамтамасыз ету үшін қажет.

Доғасөндіргіш реакторларды күші бойынша реакторлардың күшімен тең келетін арнайы трансформаторлар және өзіндік қажеттілік трансформаторлары арқылы қосу кезінде, олардың өзара әсерін есепке алу қажет.

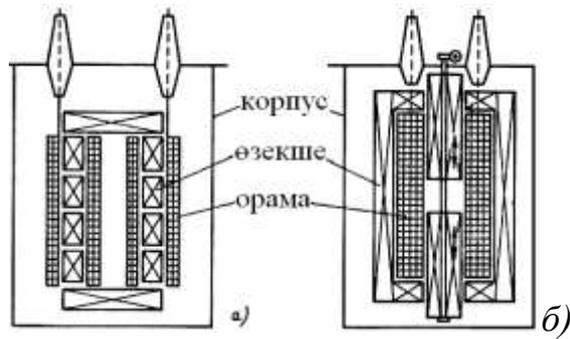
Бұл әсер ету, ең алдымен, реактормен бірізді қосылған трансформатор орамасы кедергісінің болуы салдарынан компенсациялаудың нақты тогы номиналымен салыстырғанда азаюында көрінеді.

$$I_{p,d} = I_{ном,p} \frac{1}{1 + \frac{u_k \% Q_{ном,p}}{100 S_{ном,t}}}, \quad (1.7)$$

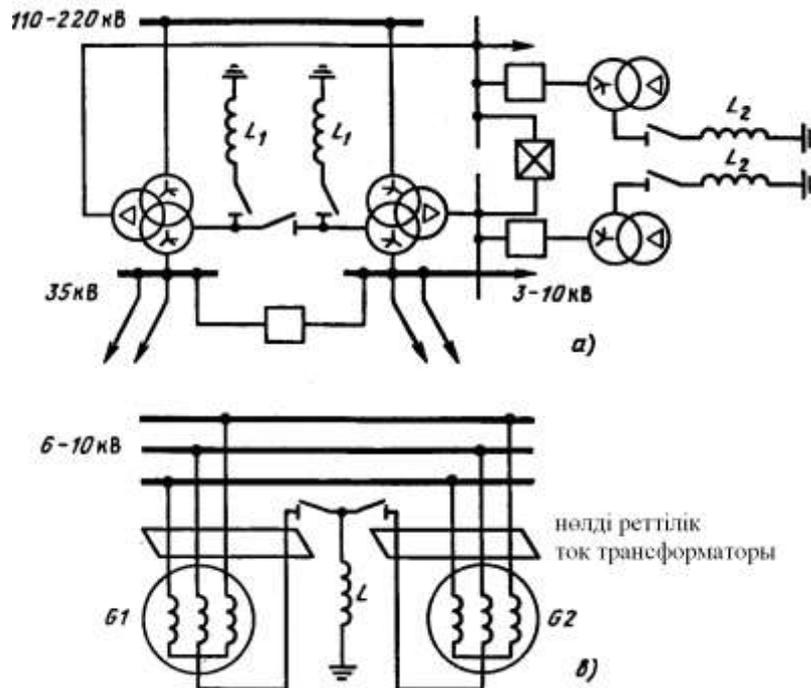
бұл жерде $I_{ном,p}$ – доғасөндіргіш реактордың номиналды тогы;

$u_k \%$ - трансформатордың кернеуі;

$S_{ном,t}$ - трансформатордың номиналды күші.



Сурет 1.19. Доғасөндіргіш реактордың құрылымы: а- РЗДСОМ типті; б- РЗДПОМ типті



Сурет 1.20. Торапқа екі доғасөндіргіш реакторын орналастыру

Трансформатор орамаларының шапшаң шектеу әрекеті жұлдызша – жұлдызша орамасын қосу сұлбасын пайдалануда байқалады, өйткені жұлдызшаның бір фазалы жерге тұйықталу кезіндегі индуктивті кедергісі фазааралық ҚТ-ға карағанда, шамамен 10 есе көп. Осы себепке байланысты реакторларды қосу үшін жұлдызша – үшбұрыш орамасын қосу сұлбасы бар трансформаторларды қосу орынды. Трансформаторлардың бейтараптамаларында доғасөндіргіш реактордың болуы өз кезегінде бір фазалы жерге тұйықталу кезінде оның орамаларына қосымша жүктеме тудырады, бұл қатты қызуға алып келеді. Мұны жан-жағында төмен кернеу жүктемесі бар трансформаторларын қосу үшін пайдалануда ескеру қажет, мысалы, электр станциялары мен қосалқы станциялардың өзіндік қажеттілік трансформаторларын қосу кезінде. Жүктелген трансформаторға қосылатын реактордың рұқсат етілген күші мына формуламен анықталады

$$Q_{p,d} = \sqrt{S_{ном,m}^2 - S_{max}^2}, \quad (1.8)$$

бұл жерде $S_{ном,m}$ – трансформатордың номиналды күші; S_{max} – жүктеменің ең

жоғары күші.

Формула (1.8) жүктеменің $\cos \varphi$ мәні әдетте бірге жақын болғанда, ал реактордың активті кедергісі аз болғанда дұрыс болады.

Жерлендірілген фазалы тораптың жұмысы кезінде рұқсат етілген асқын жүктемені және коэффициентпен анықталатын асқын жүктеме қабілеттілігі $k_{арт.жук.}$ ескеріле отырып, осы трансформаторға қосылатын реактордың рұқсат етілген күші мынаған тең

$$Q_{p,d} = \sqrt{(k_{пер} S_{ном,t})^2 - S_{max}^2}. \quad (1.9)$$

Арнайы жүктелмеген трансформаторға реактор қосу кезінде мына шарт ескерілуі тиіс

$$Q_{ном,p} \leq S_{ном,t} \text{ немесе } Q_{ном,p} \leq k_{арт.жук.} S_{ном,t}$$

(трансформатордың асқын жүктемесі мүмкін болған жағдайда).

Резонанстық-жерлендірілген (компенсацияланған) бейтараптамалары бар торапта, жерлендірілмеген бейтараптамалары бар торап сияқты, жерге тұйықталған фазамен уақытша жұмыс істеу, бүлінген учаскені бөліп алу үшін қажетті қайта қосулар мүмкін болғанға дейін рұқсат етіледі. Бұл жерде реактордың рұқсат етілген жұмыс ұзақтылығын, 6 сағ. ескеру қажет.

Доғасөндіргіш реакторлардың болуы әсіресе қысқамерзімді жерге тұйықталу кезінде бағалы, себебі онда доға тұйықталу орнында сөнеді және желіс сөніп қалмайды. Доғасөндіргіш реактор арқылы жерлендірілген бейтараптамалы торабы бір фазалы жерге тұйықталу кезінде жерге қатынасты бүлінбеген екі фазаның кернеуі $\sqrt{3}$ есе артады, яғни фазааралық кернеуге дейін артады. Осыған сәйкес, бұл торап өзінің негізгі қасиеттері бойынша жерлендірілмеген бейтараптамалар желілеріне ұқсас.

в) Тиімді-жерлендірілген бейтараптамалы үш фазалы торап

110 кВ және одан жоғары тораптарда бейтараптамаларды жерлендіру тәсілін таңдап алуда ең бастысы оқшаулама құнының факторы болып табылады. Мұнда бейтараптамаларды тиімді жерлендіру қолданылады, онда бір фазалы тұйықталу кезінде жерге қатынасты бүлінбеген фазалардағы кернеу дұрыс жұмыс істеу режиміндегі 0,8 фазааралық кернеуге тең болады.

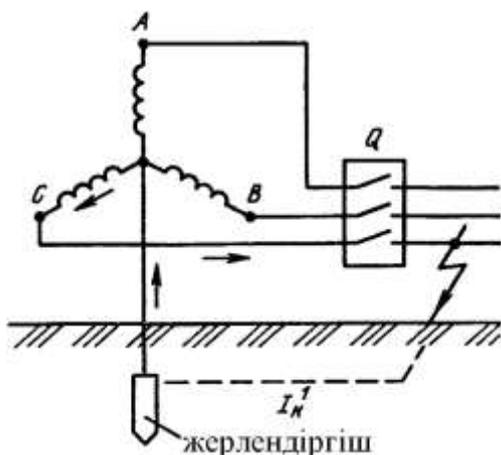
Дегенмен бейтараптамалардың қарастырылып отырған режимінің бірқатар кемшіліктері де бар. Бір фазаның жерге тұйықталуы кезінде жер арқылы қысқатұйықталған контур және ЭҚК фазасы қосылған аз кедергілі көздің бейтараптамасы пайда болады (сур. 1.21). Үлкен токтар ағымына алып келетін ҚТ режимі пайда болады. Жабдықтардың бүлінуін болдырмау үшін үлкен токтардың ұзақ жүрісі рұқсат етілмейді, сондықтан ҚТ реле қорғағышымен тез арада сөндіріледі. 110 кВ және одан жоғары кернеулі электрлік тораптарында бір фазалық бүлінудің көптеген бөлігі өздігінен жойылушыларға жатады, яғни кернеуді тоқтатқаннан кейін жоқ болып кететін бүлінуге жатады.

Мұндай жағдайларда реле қорғағышы құрылғыларының жұмысынан кейін әрекет ете отырып, аз уақыттың ішінде тұтынушылардың қоректенуін орнына келтіретін автоматты түрде қайталап қосқыш (АҚК) құрылғыларды

пайдалану тиімді.

Екінші кемшілігі - тарату құрылғыларындағы жерге ҚТ үлкен токтарды жеткізуі тиіс орындалған жерлендіру контурының едәуір қымбаттауы, сондықтан да аталмыш жағдайда күрделі инженерлік құрылысты білдіреді.

Үшінші кемшілігі - бір фазалы ҚТ-дың едәуір тогы, ол жерлендірілген трансформаторлар бейтарап-тамаларының көп болуында, сондай-ақ автотрансформаторлы тораптарда үшфазалы ҚТ токтарынан асып кетуі мүмкін. Бір фазалы ҚТ токтарын азайту үшін, мүмкін және тиімді болған жағдайда, бейтараптамалардың бөлігін жерлендіру қолданылады (негізінен 110-220 кВ желілерде). Сол мақсат үшін трансформаторлардың



Сурет 1.21. Тиімді-жерлендірілген бейтараптамалы үш фазалы торап

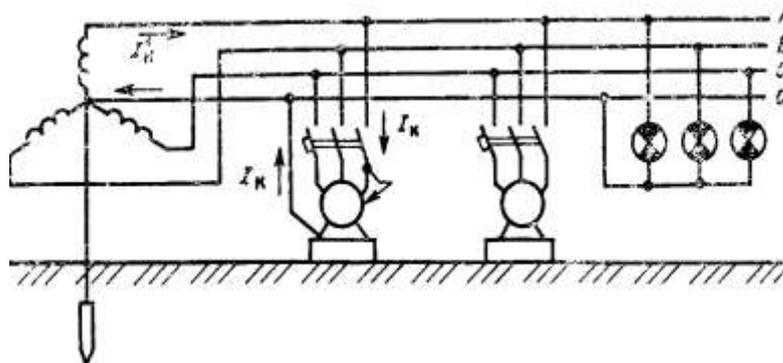
бейтараптамаларына қосылатын токтежегіш кедергілер қолданылуы мүмкін.

г) Тікелей жерлендірілген бейтараптамалы желілер

Мұндай желілер фазалық кернеулерге қосылатын үшфазалы және бірфазалы жүктемелерді бір уақытта қоректендіруге арналған 1 кВ дейінгі кернеуге қолданылады (сур. 1.22). Трансформатордың немесе генератордың бейтараптамасы тікелей жерлендіргіш құрылғыға қосылады немесе аз кедергі (мысалы, токтың трансформаторы арқылы) арқылы қосылады. Бір фазалы жүктемелер болған кезде фазалық кернеуді орнықтыру үшін трансформатордың (генератордың) бейтараптамасымен байланысқан нөлдік өткізгіш қолданылады. Бұл өткізгіш нөлдеу қызметін де атқарады, яғни электр қондырғыларының кернеу астындағы дұрыс емес металл бөліктерін әдейілеп қосады. Корпуста нөлдеу болған кезде оқшауламаның бұзылуы бір фазалы ҚТ шақырады және қондырғыларды тораптан сөндіретін қорғағыштың іске қосылуын қамтамасыз етеді. Корпустың нөлденуі болмаған жағдайда (1.22. сур. екінші қозғалтқыш) оқшауламаның бұзылуы корпуста қауіпті потенциал тудырады. Нөлдік өткізгіштің кенеттен жарылуы фазалар бойынша кернеулердің қиғаштануына (оның жүктелген фазаларда төмендеуі және жүктелмеген фазаларда артуы) алып келетін болғандықтан, оны бақылап отыру қажет. Қажет болған жағдайда нөлдік қорғағыш және нөлдік жұмыс өткізгіштерінің жекелеп орындалуы мүмкін.

1.1 мысал. Тапсырма. Доғасөндіргіш реакторды және оның аудандық қосалқы станция құр сымынан қоректенетін 10 кВ торабына қосылу тәсілін таңдап алу (сур. 1.23). 10 кВ кабельдік торап секцияларының жекелеп жұмыс істеуінде жерге тұйықталу тогы мынаны құрайды: 1 секция үшін – 19 А, 2 секция үшін – 16 А. Қосалқы станцияларда ТМ-100/10 (1.23 сур. олар көрсетілмеген) өзіндік қажеттілік трансформаторлары бекітілген.

Шешімі. Токтың жерге тұйықталуының $I_C < 20$ А қалыптарына сәйкес 10 кВ торап компенсациялаудың қажеті жоқ. Реактор жиынтық, сыйымдылық ток 35 А құраған кезде секциялық ажыратқышты қосу үшін ғана қажет болады.



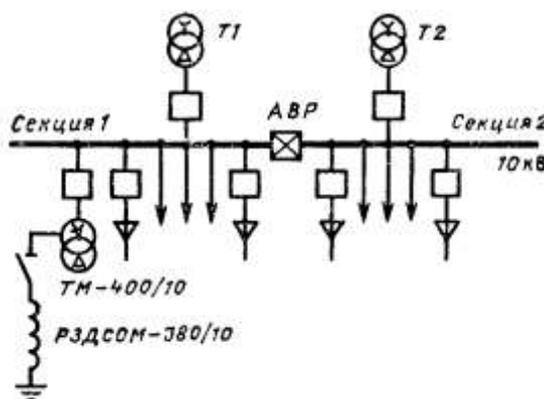
Сурет 1.22. Тиімді-жерлендірілген бейтараптамалы үш фазалы торап
Мұндай жұмыс тәртібі бір трансформаторды жөндеуге шығарған кезде және екі секцияның да тұтынушыларды басқа секциядан қоректендіруі кезінде пайда болуы мүмкін.

Реактордың қажетті күші

$$Q_p = 1,25 I_C U_\phi = 1,25 \cdot 35 \cdot 10 / \sqrt{3} = 252,6 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Каталог бойынша (мысалы Қ1.2 кест. қар.) РЗДСОМ-380/10 с $Q_{ном,р} = 380$ кВ·А реакторын таңдап аламыз.

Қосалқы станцияларда бекітілген күші 100 кВ·А өзіндік қажеттілік трансформаторлары реакторды қосу үшін жарамайды, себебі олардың күші жеткіліксіз.



Сурет 1.23. 1.1 мысалына

Доғасөндіргіш реакторды қосу үшін $i_k = 5,5\%$ жұлдызша – үшбұрыш орамасын қосу сұлбасымен ТМ-400/10 арнайы трансформаторы орнатылуы қажет. Трансформаторды жерге тұйықталу тогының көп мәніне ие 1 секцияға қосқан дұрыс.

Таңдап алынған трансформатор қосылған доғасөндіргіш реактордан басқа жалпы күші төмендегідей жүктемені қоректендіре алады

$$P_{нагр,д} = \sqrt{400^2 - 380^2} = 125 \text{ кВт} \text{ (при } \cos \varphi = 1 \text{)}.$$