

## ФИЗИКА, ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ ФИЗИКА, МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

МРНТИ 29.03.35  
УДК53.082.743

<https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-7901.21>

З.Қ. Абдикулова<sup>1</sup>, Е.О. Жапаров<sup>1</sup>, Б.Р. Жалымбетов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Кентау көпсалалы колледж, Кентау қ., Қазақстан

### КЕНТАУ ТРАНСФОРМАТОР ЗАУЫТЫ ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯСЫНЫҢ ЭЛЕКТРЛІК СХЕМАСЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ТАҢДАУ

*Аңдатпа*

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы электрмен сенімді жабдықтауды, автоматтандыруды және үнемділікті, желідегі режимдік ерекшеліктерді қамтамасыз етуі тиіс. Сондықтан, бұл мақалада Кентау трансформатор зауыты қосалқы станциясының электрлік сұлбасына есептеулер жүргізілді, негізгі электр қондырғылары таңдалды. Қосалқы станцияның электр қондырғыларын таңдау мен тексеру үшін үшфазалық қысқа тұйықталу тоғы анықталды, қысқа тұйықталу токтарын есептеу сұлбасы құрастырылды.

Тарату құрылғысының жоғары кернеудегі электр сұлбасын таңдау кезінде электрлік қосулар саны, электрмен жабдықтау сенімділігі және даму болашағы негізгі факторлар болып табылады. Сондай-ақ, ажыратқыштарды тексеру және сынақтан өткізу қажет. Біздің жағдайда төрт қосылысымыз бар: электр жүйелерімен екі байланыс желісі және екі трансформатор. Қосулардың осы санына бірнеше типтік сұлбаларды қолдануға болады: төртбұрыш, алтыбұрыш, көпірлік схемалар. Кентау трансформатор зауыты қосалқы станциясының тарату құрылғылары трансформаторлармен блоқты схема бойынша қосылған. Желі-трансформатор блогына ток тұтынатын орындардағы электр қондырғылары қосылады немесе басқа қосалқы станциядан резервті қорек алады, себебі бір желі істен шыққан жағдайда, екі трансформатор қалған желімен жұмыс істей алмайды. Сондықтан, қосалқы станция тарату құрылғысының даму болашағын ескере отырып, электр схемасын өзгертіп, біршама сенімді, икемді, автоматтандыруға ыңғайлы, әрі жинақтаушы шиналардың бір жүйесінде апат болғанда электрмен жабдықтауда үзіліс болдырмайтын көпірлік схемаға ауыстыру ұсынылды.

**Түйін сөздер:** электрқосалқы станциясы, электрлік сұлба, қысқатұйықталу, күштік трансформатор, тарату құрылғысы.

*Аннотация*

З.К. Абдикулова<sup>1</sup>, Е.О. Жапаров<sup>1</sup>, Б.Р. Жалымбетов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г.Туркестан, Казахстан

<sup>2</sup>Кентауский многопрофильный колледж, г.Кентау, Казахстан

### РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОДСТАНЦИИ КЕНТАУСКОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ЗАВОДА

Схема электроснабжения должна обеспечивать бесперебойность и надежность электроснабжения как в нормальном, так и в аварийном режиме, надлежащее качество электроэнергии, экономичность производства, поэтому в статье сделан анализ режимов работы подстанции, исследована и рассчитана схема электрической сети подстанции Кентауского трансформаторного завода, рассчитаны электрические нагрузки завода, рассчитаны токи короткого замыкания и на основании результатов расчёта произведена проверка выбранного электрооборудования.

Определяющим фактором для выбора электрической схемы распределительных устройств на высшем напряжении являются: число присоединений, надёжность электроснабжения и перспективы развития. Так же нужно учитывать необходимость проведения ревизий и опробований выключателей без перерыва в работе. В нашем случае мы имеем четыре присоединения: две линии связи с электрическими системами и два трансформатора. Распределительные устройства подстанции Кентауского трансформаторного завода соединены с трансформаторами по блочной схеме. К сеть-трансформаторному блоку подключаются электроустановки или получают резервное питание от другой подстанции, так как в случае отказа одной сети оба трансформатора не

могут работать с остальной сетью. Исходя из этого, предложены меры по реконструкции подстанции, с заменой блочной схемы распределительного устройства на схему соединения силового трансформатора с распределительным устройством шинным мостом.

Проработаны основные вопросы модернизации распределительного устройства подстанции, произведен расчет и выбор распределительных шинопроводов, для ошиновки распределительного устройства определено количество проводов с учетом экономической плотности тока.

**Ключевые слова:** электрическая подстанция, электрическая схема, короткое замыкание, силовой трансформатор, распределительное устройство.

*Abstract*

**CALCULATION AND CHOICE OF ELECTRIC CHART OF SUBSTATION  
OF THE KENTAU TRANSFORMER PLANT**

*Abdikulova Z.K.<sup>1</sup>, Zhaparov E.O.<sup>1</sup>, Zhalymbetov B.R.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Khoja Ahmet Yasawi International Kazakh-Turkish university, Turkestan, Kazakhstan,*

*<sup>2</sup>Kentau multi-disciplinary college, Kentau, Kazakhstan*

Electric supply system in enterprises must provide with electrical supply continuity and reliability as in normal and accidental regimes, quality electro energetic, production efficiency, so in connection with these in the article there have been analyzed work regimes of substations, studied electrical net scheme for Kentau Transformer Plant's substation, calculated plant's loads and short circuit currents and on the base of the calculated results carried out inspection for the chosen equipment.

The number of connections, reliability of power supply and prospects for development are the determining factors for choosing the electrical scheme of high-voltage switchgears. You also need to take into account the need to conduct audits and tests of switches without interruption. In our case, we have four connections: two communication lines with electrical systems and two transformers. The distribution devices of the substation of the Kentau transformer plant are connected to the transformers according to a block scheme. Electrical installations are connected to the network transformer unit or receive backup power from another substation, since in case of failure of one network, both transformers can not work with the rest of the network. Based on this, measures are proposed for the reconstruction of the substation, with the replacement of the block diagram of the switchgear with the circuit for connecting the power transformer to the switchgear by a bus bridge. Offered measurements on reconstruction of the substation by replacing block scheme of switchgears to scheme of power transformer connection with DD bus bridge. Worked out main modernization problems of the substation switchgear, done calculation and selection of distributing bus bars for arranging switchgear.

**Keywords:** electric substation, electric chart, short circuit, power transformer, distributed device.

**Кіріспе.** Электрмен жабдықтау жүйесінде электр энергиясын таратуға және түрлендіруге арналған электрлік қондырғылар – қосалқы станциялар басты роль атқарады. Олар электр жүйесінің жауапты элементі болып саналады.

Сондықтан, бұл қосалқы станцияларды жобалағанда және салғанда, оларды пайдаланатын орындардың қалыпты режимде жұмыс істеуін ғана емес, апат жағдайда ажыратылғанда да (мысалы, қоректендіруші желі немесе жұмыс істейтін трансформаторлардың біреуі істен шықса) сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуі тиіс.

Қосалқы станцияларға өте жоғары талаптар қойылады [1]:

1. Қосалқы станцияның электр желісінің екінші тізбегінің резервтік қорегі мен электр қондырғыларының электр торабымен байланысы болуы тиіс.

2. Бірінші немесе екінші кернеудегі шиналар зақымданған жағдайда, қосалқы станция тұтынатын орындарды қоректендіруді толық немесе жартылай қысқартуды қамтамасыз етуі тиіс.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы арқылы қолданылған жабдықтар мен құрылғылар комплексін белгілеп, оны тұтастай салуға кеткен жұмыс көлемі мен күрделі қаржы шығынын анықтайды.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы орнатылған жабдықтардың тек түрін және оған кеткен шығынды ғана емес, оның құрастырылуы мен конструкциялық орындалуын да, қосалқы құрылғылардың көлемін де белгілейді.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы, оны пайдаланудың барлық кезеңіндегі режимдік сипаттамасын белгілейді. Қосалқы станцияның схемасы желі конфигурациясымен және электр жүйесінің жұмыс режимімен анықталады.

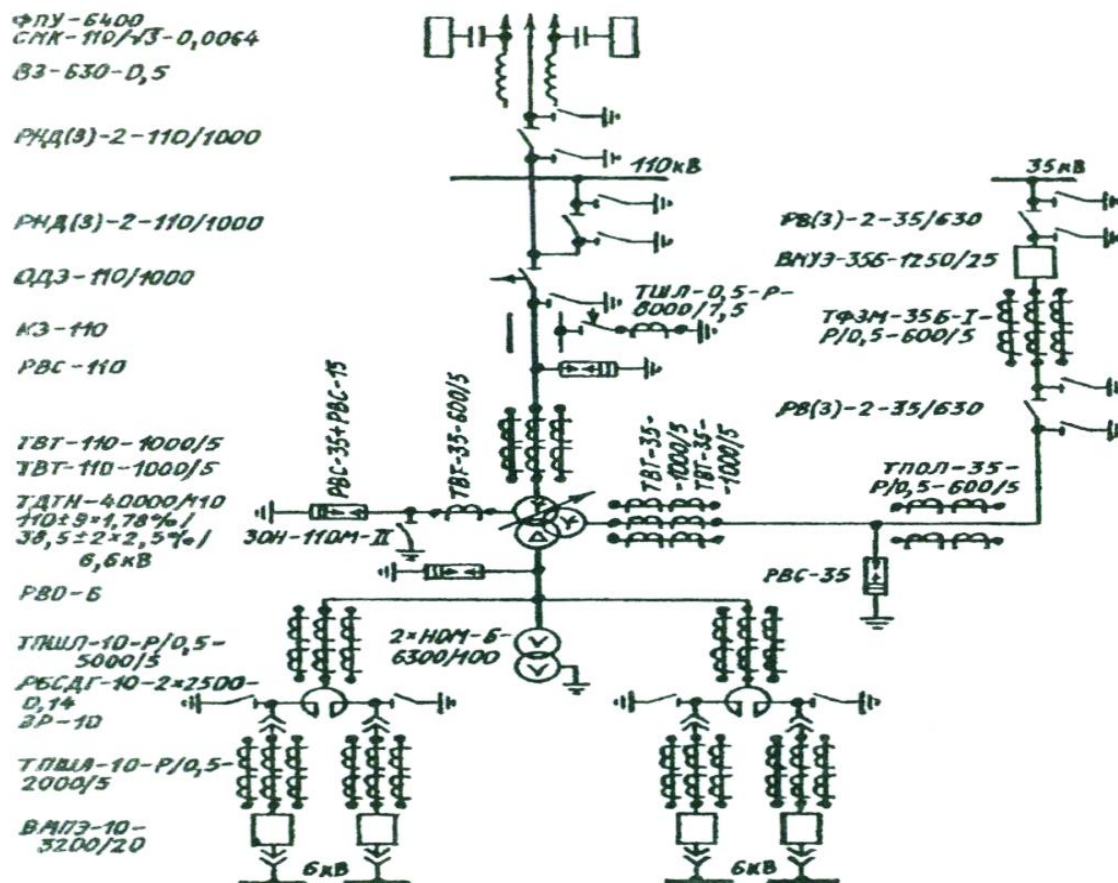
Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы электрмен сенімді жабдықтауды, автоматтандыруды және үнемділікті, желідегі режимдік ерекшеліктерді қамтамасыз етуі тиіс [2].

Сондықтан, қосалқы станцияның электрлік схемасын таңдау, қайта құрастыру, жетілдіру керек.

**Негізгі бөлім.** Кентау трансформатор зауыт номенклатурасына 300-ге жуық өнім түрі кіреді. Зауыт трансформатор құрылғыларымен мұнай-газ саласындағы кәсіпорындарды, құрылыс саласын, коммуналдық мекемелерді және теміржол мекемелерін жабдықтайды.

Кентау трансформатор зауыты 2008 жылдың аяғынан бастап үлкен кернеулік (35 кВА) қуаттылығы жоғары (1000-нан 25000 кВА - дейін) трансформатор шығара бастады.

Кентау трансформатор зауыты, қуаттары 63 МВА, кернеулері 115/37/6,3 кВ екі параллель жұмыс істейтін үш орамды трансформаторлары бар қосалқы станциядан қорек алады. Энергожүйенің қосалқы станциясынан зауытқа дейінгі қашықтық – 6,5 км. Зауытекі ауысыммен жұмыс істейді.



Сурет 1. Кентау трансформатор зауыты қосалқы станциясының электрлік схемасы

Үш орамды трансформаторларында орамдары  $x_0/x_0/\Delta$  түрде жалғанған. 35кВ-тық орама бейтарап доға сөндіретін орауыш (катушка) арқылы жерге қосылған. 110 кВ-тық орама бейтарап (РНД (3)-110/1000) типті айырғыш арқылы жерге қосылған. 35 кВ және одан жоғары кернеуге есептелінген айырғыштардың жермен қосатын пышақтары болуы керек немесе арнайы үш полюсті РВ-2-35/630 типті айырғыштар қолданылады [3,4].

Трансформатордың орамаларының аралығында шағын қысқа тұйықталу тоғы пайда болғанда, ол тоқты жасанды түрде көбейту үшін (КЗ-110) қысқа тұйықтауыш іске қосылады. Сонда релелік қорғаныс магистральды электр желісінің (ВЗ-630-0,5) ажыратқышын тізбектен ажыратады. Сол мезгілде (ОДЭ-110/1000) бөлгіш автоматты түрде трансформаторды тізбек-тен бөліп тастайды. Ал магистральды электр желісінің (ВЗ-630-0,5) ажыратқышы қайтадан іске қосылады да, электр желісі қалыпты жұмысына кіріседі.

Асқын кернеуден қорғау үшін трансформаторлардың шықпасына зарядсыздандырғыштар (РВС-110, РВС-35, РВС-6) орнатылған.

Өлшеуіш құралдарды қоректендіру үшін ток трансформаторлары қолданылады. Ток трансформаторлары (ТПШЛ-35-Р/0,5-600/5, ТВТ-110-1000/5) жинақталған шиналарда орналасқан. Олардан өлшеуіштік құралдардың кернеу орауыштары, оқшаулама бақылау құралдары, релелік қорғаныс құралдары қоректенеді.

Үш орамды трансформаторларында тоқты барлық кернеулерде өлшейді [5,6]. Жинақтаушы шинадағы кернеуді вольтметрмен өлшейді (үш фаза арасында 110 кВ болғанда). Кернеуі 110 кВ және одан төмен трансформаторлардың активтік қуатын өлшейді.

Қысқа тұйықталу тоғын шектеуге, іргесі бетоннан жасалған РБСДГ-10-2500-0,14 типті реакторлар қолданылады.

Қосалқы станциядағы агрегаттарды қалыпты және апаттық режимде қосу және ажырату үшін (ВМПЭ-10-3200/20) типті аз көлемді майлы ажыратқыш қолданылады. Оның номиналдық тоғы 3200 А, айыратын тоғы 20 кА.

Кентау трансформатор зауытында жылдан жылға өндіріс көлемінің қарқынды өсуіне, жаңа өнімдер шығаруына, жаңа технологияларды енгізуіне байланысты, жұмыс істеп тұрған қосалқы станциялар электрмен жабдықтаудың тиісті сенімділігін қамтамасыз ете алмайды, сондықтан зауыттың қосалқы станциясының электрлік схемасын есептеу және жетілдіру қажет.

Кентау трансформатор зауыты қосалқы станциясының тарату құрылғылары трансформаторлармен блокты схема бойынша қосылған. Қосалқы станциядағы трансформатор мен осы трансформаторды қоректендіретін электр беріліс желісі бір-бірімен үздіксіз тізбек құрайды. Желі-трансформатор блогына ток тұтынатын орындардағы электр қондырғылары қосылады немесе басқа қосалқы станциядан резервті қорек алады, себебі бір желі істен шыққан жағдайда, екі трансформатор қалған желімен жұмыс істей алмайды.

Бұл схемада ажыратқыштар, оперативті ажыратқыштар саны аз, ал оперативті айырғыштар мүлдем жоқ, сондықтан мұның өзі оны автоматтандыруды қамтамасыз етеді.

Схема біршама сенімді, икемді, автоматтандыруға ыңғайлы, әрі жинақтаушы шиналардың бір жүйесінде апат болғанда немесе жөндеу кезінде электрмен жабдықтауда үзіліс болмайды. Желі-трансформатор схемасының желідегі барлық кернеуде кеңінен қолданылуы, қарапайымдылығы, желі мен трансформатор жұмыстарының сенімділігі – блокты тұтастай қорғауға, әрі қондырғыны едәуір арзандатуға мүмкіндік береді.

Бұл схеманың негізгі кемшілігіне көрнектілігінің біршама төмендігін жатқызуға болады, өйткені электр беріліс жүйесінде әр түрлі қуат ағыны болуы мүмкін, ал мұның өзі бақылау және қорғау құрылғыларды таңдауды қиындата түседі.

Желі-трансформатор блогында трансформатор немесе желі істен шықса, немесе жөндеу кезінде барлық блок жұмыс істей алмайды, сондықтан тарату құрылғысының схемасын өзгертіп, көпірлік схема бойынша қосу ұсынылып отыр.

Қосалқы станцияның электр қондырғыларын таңдау мен тексеру үшін қысқа тұйықталу тоғы (қ.т.т) есептелінді, оны есептеу келесі жолдармен анықталды [7,8, 9]:

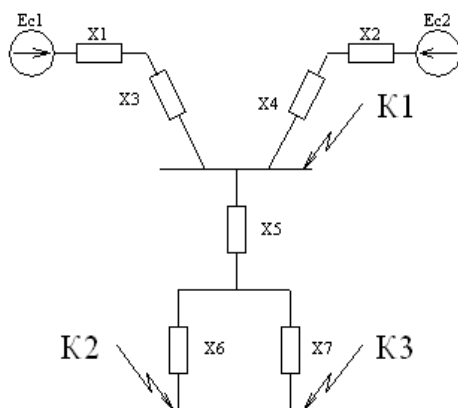
1. электр қосылысының басты сұлбасы бойынша есептеу сұлбасы, содан кейін электр алмастыру сұлбасы қарастырылды;

2. алмастыру сұлбасын түрлендіру жолымен біз оны жай түріне келтірдік, ол жағдайда Э.Қ.К. белгілі мәнімен сипатталатын қорек көзі, бір қорытынды кедергі арқылы қ.т. нүктесімен байланыста болуы керек;

3. қорытынды Э.Қ.К. мен қорытынды кедергінің шамасы бойынша қ.т. тоғының периодикалық құрамының бастапқы мәні, содан соң қ.т. тоғының аперидикалық құрамасы және соққытоқ анықталды. Сонымен қатар, электр жабдықтардың электродинамикалық төзімділігі анықталды.

Электр қондырғының есептеу сұлбасы жұмыстың қалыпты режимін көрсету керек. Сұлбада қ.т. нүктелерін, аппараттар мен өткізгіштердің неғұрлым ауыр жұмыс режимінде, қ.т. тоғының ағыны болатындай жағдайда таңдайды.

2-ші суретте қысқа тұйықталу тоқтарын есептеудің сұлбасы көрсетілген.



Сурет 2. Қысқа тұйықталу тоқтарын есептеудің сұлбасы

Қ.т. тоқтарын есептеу кезіндегі алмастыру процесін жеңілдету үшін шамалардың барлығы базистік шарттарға келтірілді. Базистік қуаты кез-келген шамамен беріледі, ондық еселікті  $S_6=100$  МВА немесе 1000 МВА қолданған ыңғайлы. Базистік кернеу, қ.т болжанатын орташа қолданыстық кернеу қадамымен (110; 37; 66 кВ) анықталды.

Базистік қуат:  $S_6=1000$  МВА

Базистік кернеу:  $U_{61} = 110$  кВ;  $U_{62} = 37$  кВ;  $U_{63} = 6,6$  кВ.

Базистік тоқ келесі формуламен анықталады:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}$$

$$I_{61} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 5.02 \text{ кА}$$

$$I_{62} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 15.60 \text{ кА}$$

$$I_{63} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6.6} = 91.64 \text{ кА}$$

осыған сүйене отырып жеңіл түрлендіру жолымен базистік шарттағы салыстырмалы бірліктегі қ.т. тізбегінің барлық элементтерінің кедергілерін төмендегі формула бойынша анықтаймыз.

$$X'_{*C} = X_{*C} \cdot \frac{S_6}{S_C}$$

Қосалқы станцияларының тарату құрылғыларында шиналар жиі қолданылады. Себебі шиналар монтаж жасағанда немесе оларды пайдаланғанда үнемді әрі сенімді [10,11].

Шиналар қалыпты режим шарты бойынша таңдалады, сонымен қатар термиялық және электродинамикалық орнықтылыққа тексеріледі де кернеуі 20 кВ-қа дейін ЖТҚ-дағы жинақтаушы шиналары алюминийлік парақтарынан жасалады.

Жұмыс режимі бойынша шина таңдау шарты

$$I_p \geq I_{жс.жсум.}$$

$I_{жс.жсум.}$  станция мен қосалқы станция жинақталған шиналары үшін қалыпты емес пайдалану режимдеріндегі максималды мүмкін болатын тоғы.

Шиналардағы термиялық орнықтылыққа тексеру кабельге сәйкес, яғни ең аз термиялық орнықтылықты қима анықтайды [5]:

$$S_{мин.} = \sqrt{\frac{B_k}{A_{бер.к.} - A_k.}}$$

Егер шина жүктемесі жылыту шарты бойынша берілгеннен төмен болса, яғни  $I_{н.} \leq I_{бер.}$ , онда шиналау қалыпты режимде жылынады және  $70^\circ \text{C}$  төмен болады.

Шиналар мен өткізгіштерді электродинамикалық орнықтылыққа тексеру электродинамикалық күшейту және тоқ өткізгіш құрылысының механикалық есептеуінен анықталады [12,13].

Механикалық есептеу кезінде әрбір фазаның шинасы, тіректе босап жатқан тең таралған жүктеменің әсерінен көп аралық балкаға сәйкес. Бұл жағдайда жүктеме үшін майысу моменті:

$$M = \frac{f \cdot l^2}{10}$$

мұнда

$l$  - шина бойындағы оқшаулатқыштар арасындағы арақашықтық, м;

$f$  - шина ұзындық бірлігіне келетін күш, Н/м.

Үш фазалы қ.т. кезінде ортаңғы фазаның ұзындық бірлігіне келетін күш:

$$f_{\text{макс}} = 1,76 \cdot \frac{i_y^2}{a} \cdot 10^{-7}, \text{Н/м}$$

мұнда,

$a$  – шектес фазалар арасындағы арақашықтық, м;

$i_y$  – қ.т. соққы тоғы, А.

Майысу моменті әсерінен шина ішінде пайда болатын кернеуді  $\delta_{\text{бер.}}$  берілетін мәнімен салыстыру қажет

$$\delta_{\text{есеп.}} = \frac{M}{W} = \frac{f \cdot l^2}{10W} \leq \delta_{\text{бер.}}$$

мұнда,  $\delta_{\text{бер.}}$  - шина кедергісінің моменті, м<sup>3</sup>.

Өртүрлі материал үшін  $\delta_{\text{бер.}}$  мәні: МТ мыс – 140, АТ - 70 алюминий, болат - 160.

Кедергі моменті шина формасы өлшеміне және өзара орналасуына байланысты. Майысу күш сызығы қырына әсер еткендегі тікбұрышты қималы шина үшін

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

ал ендік жағына, онда

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Шеңберлі құбырлы қима үшін

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} \approx 0,1 \frac{D^4 - d^4}{D}$$

$W$  кедергі моментінен басқа негізгі есептеу шартын қарастыру қажет:

$$\delta_{\text{есеп.}} \leq \delta_{\text{бер.}}$$

Ол үшін  $l$  тіреуіш оқшаулағыш арасындағы шиналар мен өткін арақашықтарын таңдау қажет.

6, 10, 20 кВ кернеулі қондырғыларда ТҚ әуедегі электр беріктік шарттары бойынша жарықтағы фазалар арасы 100, 130, 200 мм сәйкес болу керек [14,15].

Тіреуіш оқшаулатқыштар арасындағы өткінді 1,5÷2м ауқымында және ТҚ ұяшығының қысқа қадамында таңдайды.

Солай да  $l$  өткін шамасынан тіреуіш шина оқшауламалардың механикалық беріктігі байланысы; сондықтан оқшауламаларды таңдау шиналарды таңдаумен бірге жүргізіледі. Фазааралық күштен шығатын тіреуіш оқшаулағыштардың жүктеме шамасы:

$$F_{\text{макс}} = f_{\text{макс}} \cdot l$$

мына берілгеннен аспау керек:

$$F_{\text{макс}} \leq F_{\text{бер.}}$$

Есептеу кезінде тірек оқшауламаларының берілетін жүктемені бұзылатын 0,6-дан қабылданады( $0,6 \cdot F_{бұз.}$ )

Көп сызықты шиналарға, яғни пакетке 2 немесе 3 сызық кіргенде, ішкі пакет сызықтары және фазалар арасындағы электродинамикалық күштер пайда болады. Екі сызықты пакетті шина материалындағы толық кернеу, пакет пен фазалар сызықтарының өзара әсерлесуінен пайда болады:

$$\delta_{есеп.} = \delta_{\phi} + \delta_n$$

**Қорытынды.** Бұл мақалада Кентау трансформатор зауытының қосалқы станциясы тарату құрылғысының блокты схемасын көпірлі схемаға ауыстыру ұсынылды, себебі бұл схемада ажыратқыштар, оперативті ажыратқыштар саны аз және желі-трансформатор блогында трансформатор немесе желі істен шықса, немесе жөндеу кезінде барлық блок жұмыс істей алмайды.

Сондықтан ұсынылып отырған көпірлік схема бір желі зақымданған кездетрансформаторды бөліп тастауға мүмкіндік береді. Көпірлі схеманың артықшылығы: желідегі барлық кернеуде кеңінен қолданылуы, қарапайымдылығы, желі мен трансформатор жұмыстарының сенімділігі, үнемділігі, жұмыс жағдайының өзгеруіне байланысты схемалардың өзгеруіне ыңғайлығы, пайдалану қауіпсіздігі, экологиялық тазалығы.

#### Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

- 1 Рожков Л.Д. *Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебн. для вузов* / Л.Д. Рожков. – М: Родн Софт, 2015. – 242 с.
- 2 Петрова С.С. *Проектирование электрической части станций и подстанций: учеб. пособие* / С.С. Петрова. – Л.: ЛПИ, 2009. –76 с.
- 3 Маньков В.Д. *Основы проектирования систем электроснабжения: учебн. для вузов* /В.Д.Маньков. -СПб: НОУДПО “УМИТЦ “Электро Сервис“, 2010. – 664 с.
- 4 Балаков Ю.Н., МисрихановМ.Ш., ШунтовА.В. *Проектирование схем электроустановок: учебн. для вузов* / Ю.Н.Балаков, М.Ш.Мисриханов, А.В.Шунтов. -М: МЭИ, 2009. – 288 с.
- 5 ОполеваГ.Н. *Схемы и подстанции электроснабжения: учебн. для вузов* / Г.Н.Ополева. - М.:ФОРУМ-ИНФРА-М, 2008. – 480 с.
- 6 Киреева Э.А., Цырук С.А. *Современные комплектные трансформаторные подстанциии распределительные устройства напряжением 6(10)-35-0,4 кВ: учебн. для вузов* / Э.А. Киреева, С.А. Цырук.- М.: Энергоатомиздат,2007. – 211 с.
- 7 Леньков Ю.А. *Расчеттоков короткого замыкания, выбор коммутационных аппаратов и их уставок в электроустановках напряжением до 1000 В: учебн. для вузов* /Ю.А.Леньков. – Павлодар:ПГУ, 2008. – 224 с.
- 8 Крючков И.П., Старшинова, В.А. *Короткие замыкания и выбор электрооборудования: учебн. для вузов* / И.П.Крючков, В.А.Старшинова. - М: МЭИ, 2012. – 568 с.
- 9 Леньков Ю.А. *Специальные вопросы электростанций: учеб. пособие* / Ю.А.Леньков. – Павлодар: ПГУ, – 2008. – 132 с.
- 10 Двоскин Л.И. *Схемы и конструкции распределительных устройств: учебн. для вузов* / Л.И. Двоскин. –3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 236с.
- 11 *Правила устройства электроустановок. – Астана: Министерство энергетики и минеральных ресурсов РК, 2009. – 418 с.*
- 12 Дорошев К.И. *Выключатели и измерительные трансформаторы вКРУ-6-220кВ: учебн. для вузов* / К.И.Дорошев. -М.: Энергоатомиздат, 2009.-152с.
- 13 Фигурнов Е.П. *Релейная защита: учебн. для вузов* / Е.П.Фигурнов. - М.: Желдориздат, 2012. -720 с.
- 14 Прохоров С. Г. *Электрические машины: учебн. для вузов* / С.Г.Прохоров. – 3-е изд. – Казань: изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2007. - 140 с.
- 15 Фарнасов Г.А. *Электротехника, электроника, электрооборудование: учебн. для вузов* / Г.А. Фарнасов. - М.: НИТУ МИСИС, 2012. – 423 с.

#### References:

1. Rozhkov L.D. (2015) *Jelektrooborudovanie jelektricheskijh stancij i podstancij: uchebn. dlja vuzov [Electrical equipment of power plants and substations textbook. For universities].* L.D. Rozhkov. M: Rodi Soft, 242. (In Russian)
2. Petrova S.S. (2009) *Proektirovanie jelektricheskoi chasti stancij i podstancij: ucheb. Posobie [Design of the electrical part of stations and substations: textbook]* S.S. Petrova. L. LPI,76. (In Russian)

3. Man'kov V.D. (2010) *Osnovy proektirovanija sistem jelectrosnabzhenija uchebn. dlja vuzov* [Fundamentals of designing power supply systems textbook for universities] SPb NOUDPO "UMITC "Jelektro Servis", 664.[In Russian]
4. Balakov Ju.N., Misrihanov M.Sh., Shuntov A.V. (2009) *Proektirovanie shem jelectroustanovok: uchebn. dlja vuzov* [Design of electrical circuits textbook for universities]. M: MJeI, 288. (In Russian)
5. Opoleva G.N. (2008) *Shemy i podstancii jelectrosnabzhenija: uchebn. dlja vuzov* [Power supply circuits and substations: textbook for universities] G.N.Opoleva. M.:FORUM-INFRA-M, 480. (In Russian)
6. Kireeva Je.A., Cyruk S.A. (2007) *Sovremennye komplektnye transformatornye podstancii raspredelitel'nye ustrojstva naprjazheniem 6(10)-35-0,4 kВ: uchebn. dlja vuzov* [transformer substations and voltage switchgear] Je.A. Kireeva, S.A. Cyruk. M. Jenergoatomizdat, 211 (In Russian)
7. Len'kov Ju.A. (2008) *Raschettokov korotkogo zamykanija, vybor kommutacionnyh apparatov i ih ustavok v jelectroustanovkah naprjazheniem do 1000 V: uchebn. dlja vuzov* [Calculation of short-circuit currents, selection of switching devices and their settings in electrical installations with voltage up to 1000 V:] Ju.A.Len'kov. Pavlodar:PGU, 224 [In Russian]
8. Krjuchkov I.P., Starshinova, V.A. (2012) *Korotkie zamykanija i vybor jelectrooborudovanija: uchebn. dlja vuzov* [Short circuits and electrical selection] I.P. Krjuchkov, V.A. Starshinova. M: MJeI, – 568. [In Russian]
9. Len'kov Ju.A. (2008) *Special'nye voprosy jelectrostancij ucheb.Posobie* [Special issues of power plants:] Ju.A.Len'kov. Pavlodar: PGU, 132. [In Russian]
10. Dvoskin L.I. (2010) *Shemy i konstrukcii raspredelitel'nyh ustrojstv: uchebn. dlja vuzov* [Switchgear diagrams and designs] L.I. Dvoskin. 3-e izd., pererab. i dop. M. Jenergoatomizdat, 236. [In Russian]
11. *Pravila ustrojstva jelectroustanovok, (2009)* [Electrical Installation Regulations] Astana Ministerstvo jenergetiki i mineral'nyh resursov RK 418. [In Russian]
12. Doroshev K.I (2009) *Vykljuchateli i izmeritel'nye transformatory vKRU-6-220kV: uchebn. dlja vuzov* [Switches and instrument transformers] K.I.Doroshev. M. Jenergoatomizdat, 152 [In Russian]
13. Figurnov E.P. (2012) *Relejnaja zashhita: uchebn. dlja vuzov* [Relay protection] E.P.Figurnov. M. Zheldorizdat, 720 [In Russian]
14. Prohorov S. G. (2007) *Jelectricheskie mashiny: uchebn. dlja vuzov* [Electric cars] S.G.Prohorov. 3-e izd. Kazan': izd-vo Kazan. gos. tehn. un-ta, 140. [In Russian]
15. Farnasov G.A. (2012) *Jelectrotehnika, jelectronika, jelectrooborudovanie uchebn. dlja vuzov* [Electrical engineering, electronics, electrical equipment] G.A. Farnasov M. NITU MISiS, 423. [In Russian]