

**НҰР-СҰЛТАН ҚАЛАСЫНЫҢ БІЛІМ БАСҚАРМАСЫ  
НҰР-СҰЛТАН ҚАЛАСЫ ӘКІМДІГІНІҢ «БІЛІМ БЕРУДІ ЖАҢҒЫРТУ  
ОРТАЛЫҒЫ» МКҚК  
НҰР-СҰЛТАН ҚАЛАСЫ ӘКІМДІГІНІҢ ШЖҚ «ЖОҒАРЫ КӨЛІК  
ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯ КОЛЛЕДЖІ» МКК**

**07130100-«ЭЛЕКТРМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ  
(САЛАЛАРЫ БОЙЫНША)» МАМАНДЫҒЫНА АРНАЛҒАН,  
«ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДАРДЫ  
ЭЛЕКТРМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ» ПӘНІ  
ОҚУ ҚҰРАЛЫ**

**НҰР-СҰЛТАН, 2022**

Білім беру ұйымының әдістемелік бірлестігінің отырысында қаралып, қалалық Сараптама кеңесіне ұсынылды (21.12.2021 ж. №\_3\_ хаттама)

**Пікір берушілер:** Сарсенбаев Е.А., Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-техникалық университеті, "Энергетика" кафедрасының меңгерушісі, PhD докторы.

Матвеева Л.И., Нұр-Сұлтан қаласы әкімдігінің "Жоғары көлік және коммуникация колледжінің" директордың оқу-әдістемелік жұмысы жөніндегі орынбасары.

Шарипов Т.Н., "Алматы мемлекеттік энергетика және электронды технологиялар колледжі" ШЖҚ КМК, директордың оқу-өндірістік жұмысы жөніндегі орынбасары.

**Құрастырушы:** Айкимбаева Д.Д., 07130100-«Электрмен қамтамасыз ету (салалары бойынша)» мамандығына арналған, «Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен қамтамасыз ету» пәні. Оқу құралы - Нұр-Сұлтан қаласы, 2022. - 79 б.

"Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен қамтамасыз ету" пәні бойынша оқу құралы, тәжірибелік материалдарды қорытындылауға арналған. Оқу материалы 9 бөлімнен тұрады. Оқу құралының бөлімдері - өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен қамтамасыз етудің сапалы есептеулерін құрудың жалпы негізгі міндеттерімен біріктірілген.

Оқу құралын электротехникалық пәндердің оқытушылары және энергетикалық мамандықтардың студенттері үшін курстық жобаларды орындау кезінде қолдануға болады.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	5
1 Электрлік жүктемелерді есептеу. Электр энергиясын тұтынушылардың сипаттамасы, электрмен қамтамасыз ету категорияларын анықтау және электрлік жүктемелердің анализі	6
Мысал 1.1	8
Мысал 1.2	11
1.1 Орныққан қуаттарды анықтау	12
1.2 Қабылдағыштардың сенімділік категорияларын анықтау	13
1.3 Тоқ және кернеу мәнін таңдау	14
2 Трансформаторлардың саны мен қуатын, қосалқы станцияның түрі мен санын таңдау	17
2.1 Трансформаторларды таңдау	17
Мысал 2	18
2.2 Қосалқы станцияның түрі мен санын таңдау	19
3 Реактивті қуатты қарымталау	19
3.1 Цехтық трансформаторлардың тиімді санын таңдау	20
3.2 Трансформаторлардағы қуат шығынын азайту үшін конденсаторлық батареялардың қуаттарын таңдау	21
Мысал 3	21
4 Кернеуі 1000 В-қа дейін магистралды және таратушы желілерді есептеу және таңдау	22
Мысал 4	24
4.1 Өткізгіштердің және шиналық сымдардың қималарын таңдау	24
5 Қысқаша тұйықталу тоқтарын есептеу	29
5.1 Қысқаша тұйықталу түрлері, пайда болу себептері және оның нәтижелері	29
5.2 Қысқаша тұйықталу тоқтарын есептеу	34
Мысал 5.1	34
Мысал 5.2	38
Мысал 5.3	41
6 Кернеуі 0,4 кВ қорғау және басқару электр аппаратураларын таңдау	44
Мысал 6.1	44
6.1 Таңдалған өткізгіштерді тексеру	46
Мысал 6.2	46
7 Жоғарғы кернеулі қоректендіруші және таратушы желілерді есептеу және таңдау	47
Мысал 7.1	47
Мысал 7.2	48
8 Кернеуі 1000 В-тан жоғары электр аппаратураларын таңдау	49
Мысал 8	50
9 Жерге қосатын құрырғыларды есептеу	52
Мысал 9	53
Сөздік	55

Глоссарий	58
Қосымшалар	60
Пайдаланған әдебиеттер	79

## КІРІСПЕ

КМ 09 «Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен қамтамасыз ету, басқару және электр желілері мен электр жабдықтарын пайдалануды бақылау» модулін оқу нәтижесінде студент «Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен қамтамасыз ету» пәннің барлық оқу бағдарламасы бойынша түсінігі болуы керек, электрмен қамтамасыз ету жүйелерін құрып, кернеуі 1000 В дейін және одан жоғары болатын негізгі электротехникалық жабдықтарды таңдау, кернеуі 1000 В дейін және одан жоғары желілерде қысқаша тұйықталу тоқтарын есептей білу керек, кабелдердің қимасын, қорғаныстық және коммутациялық аппаратураны таңдау, қорғаныстық жерге қосу бойынша есептеулерді орындап үйренуі қажет.

Пәннің мақсаты нормаланған сенімділік пен тиімділігінің сапасына сай тұтынушыларды электр энергиясымен қамтамасыз етуге байланысты барлық мәселелерді шеше алатын білікті мамандарды даярлау.

Есептеудің негізгі әдістерін оқытудағы пәннің негізгі мәселесі өндіріс кәсіпорындарының электрмен қамтамасыз ету жүйесін жобалау, есептеу әдістерін меңгерту, электрлік жабдықты қауіпсіз және сенімді пайдалану бойынша теориялық білім мен тәжірибелік дағдыларды беру.

Оқу материалы 9 бөлімнен тұрады. Оқу құралының бөлімдері - өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен қамтамасыз етудің сапалы есептеулерін құрудың жалпы негізгі міндеттерімен біріктірілген.

Оқу құралының тәжірибелік маңыздылығы - тәжірибелік оқытуда барлық тақырыптардың бір оқулықта болуы, өнеркәсіптік кәсіпорындарда қолданылатын жаңа жабдықтарды, глоссарий, сөздік, қажетті анықтамалық деректерді қосымшалардан таңдауға мүмкіндік береді.

Берілген оқу құралы 07130100-«Электрмен қамтамасыз ету (салалары бойынша)» мамандығының, біліктілігі 5AB07130101 - қолданбалы бакалавриат студенттері үшін курстық жобалау кезінде де пайдалы бола алады.

## 1 ЭЛЕКТРЛІК ЖҮКТЕМЕЛЕРДІ ЕСЕПТЕУ

### Электрлік энергия тұтынушыларының сипаттамасы, электрмен қамтамасыз ету категорияларын анықтау және электрлік жүктемелердің анализі

Цехтық электрлік желілерде есептік электрлік жүктемелерді анықтаудың негізгі әдісі реттелген диаграммалар әдісі (максимум коэффициенті бойынша) болып табылады, қазіргі кезде тәжірибеде бұл әдіс өндіріс кәсіпорындарының электрмен қамтамасыз ету жобаладауда қолданылады.

#### *Реттелген диаграммалар әдісі*

Бұл әдіс бойынша есептік жүктемелерді анықтау төмендегі түрде болады.

Ұзақтық режимде жұмыс істейтін бір электр қабылдағыштың есептік қуаты оның номиналды қуатына тең етіп алынады  $P_p = P_H = P_y$ , мұндағы  $P_y$  – қабылдағыштың орныққан қуаты, кВт.

Қайталамалы-қысқамерзімді режимдегі қабылдағыштардың орныққан қуаты ұзаттық режимге келесі формуламен келтіріледі

$$P_y = P_{\text{ном}} \cdot \sqrt{ПВ} \quad (1)$$

мұндағы  $P_y$  – орныққан немесе номиналды қуат;  $P_{\text{ном}}$  – паспорттық қуат; ПВ – қосылудың паспорттық ұзақтылығы, салыстырмалы бірлік.

Бір электр қабылдағыштың есептік реактивтік қуаты келесі формула арқылы анықталады:

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

Электр қабылдағыштардың тобы үшін (саны үшке дейін жетсе) активті және реактивті қуаттары сәйкесінше топтағы электр қабылдағыштардың активті және реактивті жүктемелерінің қосындысы түрінде анықталады.

Топтағы тоқ қабылдағыштарының саны үштен көп болса, топтың есептік жүктемесі келесі түрде анықталады.

Қосымша Қ1 кестесі арқылы энергия қабылдағыштарының электрлік жүктемелерінің көрсеткіштерін сәйкесінше өндіріс саласы үшін бір типті қабылдағыштардың тобы бойынша пайдалану коэффициенттерін ( $k_n$ ) және қуат коэффициенттерін ( $\cos\varphi$ ) табады.

Берілген таратушы пункттен қоректенетін тоқ қабылдағыштарының жалпы саны ( $n$ ) анықталады.

Тоқ қабылдағыштардың тобынан берілген таратушы пункттен (шиналық құрастырма) қоректенетін қуаты ең үлкен тоқ қабылдағышты және қуаттары осы тоқ қабылдағыштың қуатының жартысынан үлкен болатын, қалған тоқ қабылдағыштарды табу керек. Олардың санын  $n_1$  деп белгілейді. Оларды шартты түрде үлкен тоқ қабылдағыштар деп атаймыз.

Барлық тоқ қабылдағыштардың орныққан қуаттарының (кВт) қосындысы есептелінеді  $\sum P_y$ .

Үлкен тоқ қабылдағыштардың орныққан қуаттарының (кВт) қосындысы есептелінеді  $\sum P_{yl}$ .

Біртепті тоқ қабылдағыштардың әрбір тобы үшін орташа максималды активті және реактивті қуаттары анықталады:

$$P_{см.гр} = k_u \sum P_y, \quad (3)$$

мұндағы  $\sum P_y$  – біртепті тоқ қабылдағыштардың тобының орныққан қуаттарының қосындысы.

Барлық тоқ қабылдағыштар үшін орташа қуат біртепті топтардың максималды орташа қуаттарының қосындысы түрінде анықталады

$$P_{см} = \sum P_{см.гр}; \quad Q_{см} = \sum Q_{см.гр}; \quad (4)$$

$$Q_{см.гр} = \sum P_{см.гр} \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

мұндағы  $\operatorname{tg} \varphi$  – берілген жұмыс режиміндегі орташа  $\cos \varphi$ -ге сәйкес болатын мән.

Салыстырмалы шамалар анықталады

$$n_* = \frac{n_1}{n}; \quad p_* = \frac{\sum P_1}{\sum P_y}. \quad (6)$$

Орташа пайдалану коэффициенті анықталады

$$k_{u.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_y} \quad (7)$$

Қосымша ҚЗ кестесі бойынша  $n_*$  және  $p_*$  байланысты электр қабылдағыштардың тиімді санының салыстырмалы мәні  $n_{э*} = \frac{n_э}{n}$  анықталады.

Тоқ қабылдағыштардың тиімді саны анықталады

$$n_{э*} = n_э \cdot n \quad (8)$$

Топтағы электр қабылдағыштардың тиімді саны анықталады

$$m = \frac{P_{н.мах}}{P_{н.мин}} < 3, \quad (9)$$

мұндағы  $P_{н.мах}$  - ең үлкен электр қабылдағыштың номиналды қуаты, кВт,  $P_{н.мин}$  – ең кіші электр қабылдағыштың номиналды қуаты, кВт.

$m > 3$  және  $k_n > 0,2$  болғанда электр қабылдағыштардың тиімді саны  $n_э = \frac{2 \cdot P_{н\Sigma}}{P_{мах1}}$ ,

мұндағы  $P_{н\Sigma}$  - электр қабылдағыштар тобының номиналды қуаттарының қосындысы, кВт;  $P_{мах1}$  - топтың ең үлкен электр қабылдағыштың қуаты, кВт. Егер  $n_э > n$  болса, онда  $n_э = n$ ;

$n_э > 3$  және  $n_э > 4$  болғанда есептік максималды жүктеме  $P_{мах} = k_3 \sum P_n$ , мұндағы  $k_3$  – жүктелу коэффициенті, ұзақтық режим үшін 0,9 және қайталамалы-қысқамерзімді режим үшін 0,75-ке тең.

1. Қосымша Қ2 кестесі бойыншы тиімді саны  $n_э$  және сұраныс коэффициентіне  $k_{и.ср.}$  байланысты максимум коэффициенті  $k_M$  анықталады.

2. Электр қабылдағыштар тобының есептік максималды активті қуаты (кВт) анықталады

$$P_{\max} = k_M k_{и.ср} \sum P_y = k_M \sum P_{см.гр} \quad (10)$$

3. Электр қабылдағыштар тобының есептік максималды реактивті қуаты (кВар) анықталады

$$Q_{\max} = tg_{ср} \sum P_{см.гр} \quad (11)$$

Немесе жобалаудағы тәжірибеге байланысты төмендегідей қабылдайды

$n_э \leq 10$  болғанда  $Q_{\max} = 1,1 \sum Q_{см.гр}$ ,  $n_э > 10$  болғанда

$$Q_{\max} = \sum Q_{см.гр} \quad (12)$$

Егер электр қабылдағыштар тобында озық тоқты электр қабылдағыштар болса, онда олардың реактивті қуаттары  $Q_c$  теріс таңбамен алынады және жалпы реактивті қуаттан алынады. Топтың толық қуаты (кВА)

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + (O_p - Q_c)^2} \quad (13)$$

Электр қабылдағыштар тобының есептік тоғы (А)

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} \text{ немесе } I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi_p}, \quad (14)$$

$$\text{мұндағы } \cos \varphi_p = \frac{\sum P_{см.гр}}{\sqrt{(\sum P_{см.гр})^2 + (\sum Q_{см.гр})^2}}. \quad (15)$$

Тұрақты ток электр қабылдағыштары үшін

$$I_p = \frac{P_p}{U_n} \quad (16)$$

**Мысал 1.1.** Шиналық құрастырмадан ШС (1 сурет) келесі қабылдағыштар қоректенеді: металл кескіш станоктар 1,2.....10, желдеткіштер 11, 12, таратушы пункт, ол таратушы пункттер екі кедергі пештері 13, 14 және бес қайрағыш станоктар 15, 16.....19 қоректенеді.

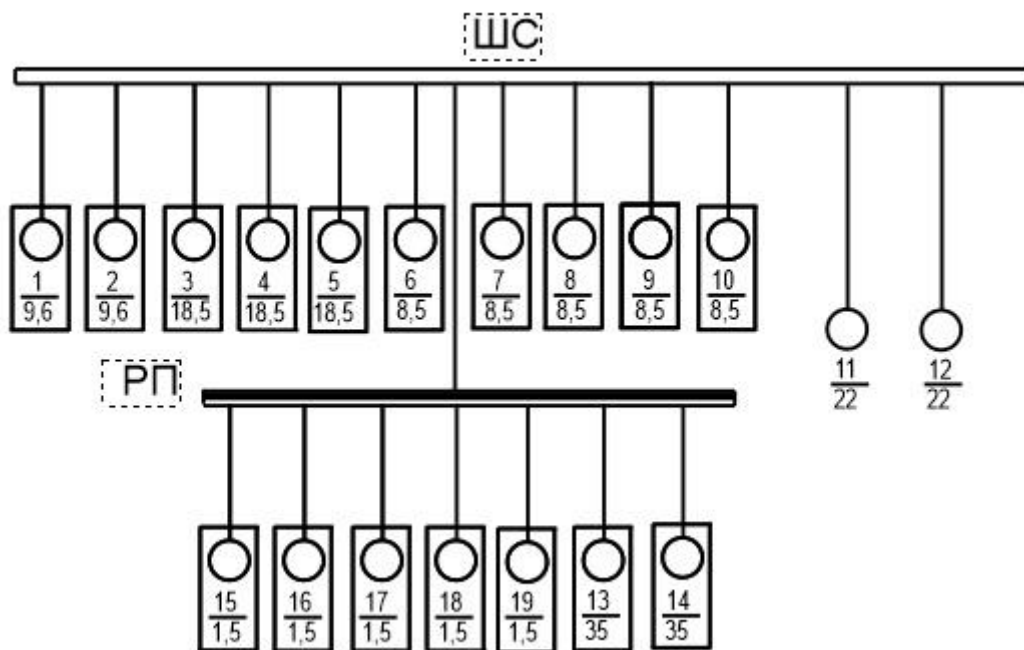
Тоқ қабылдағыштардың паспорттық берілгендері 1-кестеде келтірілген. Шиналық құрастырма үшін электрлік жүктемелерді есептеуді қарастырайық.

1-кесте. Тоқ қабылдағыштардың паспорттық берілгендері

Жоспар бойынша нөмірі	Механизмнің аты	Номиналды қуат, кВт	Айналу жиілігі айн/мин	$\cos \varphi$	$\eta_n, \%$	$I_{гус}/I_n$
1	Токарь станогы	7,5	1500	0,87	88,5	7
2		1,5	1500	0,81	80	7
		0,6	1500	0,76	72	7



3	Фрезер станогы	13	1500	0,89	88,5	7
4		3	1500	0,84	83,5	7
5		1,1	1500	0,8	78	7
		0,8	1500	0,78	74,5	7
		0,6	1500	0,76	72	7
6	Радионалды-бұрғылайтын станок	5,5	1500	0,86	88	7
7		2,2	1500	0,83	82,5	7
8		0,8	1500	0,78	74,5	7
9	Ажарлау станогы	5,5	1500	0,86	88	7
10		3,0	1500	0,84	83,5	7
		0,6	1500	0,76	72	7
11	Желдеткіштер	22	3000	0,9	88	7
12		22	3000	0,9	88	7
13	Кедергі пештері	35	-	0,85	-	-
14		35	-	0,85	-	-
15	Қайрағыш станок	1,5	3000	0,88	80,5	7
16		1,5	3000	0,88	80,5	7
17		1,5	3000	0,88	80,5	7
18		1,5	3000	0,88	80,5	7
19		1,5	3000	0,88	80,5	7



1 сурет. Электр жабдығының қоректену сұлбасы.

Технологиялық жабдық металл өндіретін зауыт цехында орналасқан деп есептеп, қосымша Қ1 кестесі бойынша аз сериялы өндіру кезіндегі тоқ қабылдағыштарының электрлік жүктемелерінің көрсеткіштерін анықтаймыз.

Металл кескіш станоктар үшін пайдалану коэффициенті және қуат коэффициенті  $k_{u1}=0,12$ ;  $\cos \varphi_1 = 0,4$ ; периодты түрде жүктелетін электрлік пештер үшін  $k_{u2}=0,5$ ;  $\cos \varphi_2 = 0,85$ ; желдеткіштер үшін  $k_{u3}=0,65$ ;  $\cos \varphi_3 = 0,8$ .

Ең алдымен шиналық құрастырманың есептік тоғын анықтаймыз. Шиналық құрастырманың қоретенетін тоқ қабылдағыштардың жалпы саны – кедергі пеші, оның қуаты 35кВт. Үлкен тоқ қабылдағыштарының жалпы саны  $n_1=4$  (әр қайсысың қуаты 35кВт екі кедергі пеші және қуаттары 22кВт екі желдеткіштің қозғалтқыштары).

Үлкен тоқ қабылдағыштарының орныққан қуаттарының қосындысы  $\sum P_{y1}=114$ кВт.

Максималды орташа активті қуаттары:

Металл кескіш станоктар  $P_{см.гр1} = k_{u1} \sum P_y = 0,12 \cdot 124,9 = 15$  кВт;

Желдеткіштер  $P_{см.гр3} = k_{u3} \sum P_y = 0,65 \cdot 44 = 28,6$  кВт;

Пештер  $P_{см.гр2} = k_{u2} \sum P_y = 0,5 \cdot 70 = 35$  кВт;

Максималды орташа реактивті қуаттары:

Металл кескіш станоктар  $Q_{см.гр1} = P_{см.гр1} \operatorname{tg} \varphi_1 = 15 \cdot 2,29 = 34,4$  квар;

Пештер  $Q_{см.гр2} = P_{см.гр2} \operatorname{tg} \varphi_2 = 35 \cdot 0,62 = 21,7$  квар;

Желдеткіштер  $Q_{см.гр3} = P_{см.гр3} \operatorname{tg} \varphi_3 = 28,6 \cdot 0,75 = 21,4$  квар;

Барлық тоқ қабылдағыштарының максималды орташа қуаттарының қосындысы

$$P_{см} = \sum P_{см.гр} = 15 + 35 + 28,6 = 78,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = \sum Q_{см.гр} = 34,4 + 21,7 + 21,4 = 77,5 \text{ квар};$$

Орташа  $\operatorname{tg} \varphi$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_{см}}{P_{см}} = \frac{77,5}{78,6} = 0,985, \quad \cos \varphi = 0,71.$$

Үлкен тоқ қабылдағыштарының салыстырмалы саны

$$n_* = \frac{n_1}{n} = \frac{4}{45} = 0,089$$

Үлкен тоқ қабылдағыштарының салыстырмалы қуаты

$$p_* = \frac{\sum P_1}{\sum P_y} = \frac{114}{238,9} = 0,478$$

Орташа пайдалану коэффициенті

$$k_{u.ср} = \frac{P_{см.гр}}{P_y} = \frac{P_{см}}{P_y} = \frac{78,6}{238,9} = 0,329$$

Қосымша Қ3 кестесі бойынша электр қабылдағыштарының тиімді санын салыстырмалы мәні

$$n_{э*} = 0,56$$

Тоқ қабылдағыштарының тиімді саны

$$n_{э} = n_{э*} \cdot n = 0,56 \cdot 45 = 25,2$$

Қосымша Қ2 кестесі бойынша максимум коэффициенті  $k_M = 1,28$ .

Есептік максималды активті қуат

$$P_{\text{макс}} = k_M k_{u.cр} \sum P_y = 1,28 \cdot 0,329 \cdot 238,9 = 100 \text{ кВт};$$

$n_{э} = 25,2 > 10$  кезіндегі есептік максималы реактивті қуат

$$Q_{\text{макс}} = Q_{\text{см}} = \sum Q_{\text{см.гр}} = 77,5 \text{ квар};$$

Шиналық құрастырманың толық қуаты

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{P_{\text{макс}}^2 + Q_{\text{макс}}^2} = \sqrt{100^2 + 77,5^2} = 126,5 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Шиналық құрастырманың есептік максималды тоғы

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_{\text{макс}}}{\sqrt{3}U} = \frac{126,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 192 \text{ А}$$

Қосымша Қ1 кестесі бойынша шиналық өткізгішті таңдаймыз ШРА 73

$I_n = 250 \text{ А}$ .

**Мысал 1.2.** Түсті металлургия кәсіпорыны байыту фабрикасының балқыту цехында қажетті технологиялық циклді болдыру үшін 2-кестеде көрсетілген электр жабдықтары қолданылады.

2-кесте. Цех тұтынушыларының қуаттары мен сандары

Электр жабдығының аты	Паспорттық қуаты, кВт	Саны, дана	Ескерту
Науа (конвейер)	14	10	Асинхронды қозғалтқыш
Элеватор	11	15	
Қоректендіргіш	2,2	10	
Кептіргіш агрегат	3	20	
Элеватор	0,75	10	
Таль ПВ = 85%	2,5	4	
Кран ПВ = 25%	45	2	
Кран ПВ = 25%	22	2	
Кран ПВ = 25%	75	2	
Сорап	45	10	Асинхронды қозғалтқыш
Сорап	75	2	
Вибратор	2,2	8	

Шығыр (лебедка)	20	2	
Желдеткіш	45	8	Асинхронды
Желдеткіш	90	6	қозғалтқыш
Бетонараластырғыш	55	5	
Түтінсорғыш	1000	2	6 кВ-қа асинх. қозғалтқыш
Шнек	7,5	8	Асинхронды қозғалтқыш
Жылыту агрегаты	6,6	5	
Жарықтандыру	100	-	-

### 1.1 Орныққан қуаттарды анықтау

Барлық электрэнергия қабылдағыштары жұмыс уақытына байланысты қысқа мерзімді, қайталама-қыскамерзімді және ұзақтық жұмыс режиміндегі қабылдағыштар болып бөлінеді.

Қайталама-қыскамерзімде жұмыс істейтін қабылдағыштардың орныққан қуаты (1) бойынша ұзақтық жұмыс режимінде келтіреміз

$$P_y = P_{\text{ном}} \cdot \sqrt{ПВ}$$

мұндағы  $P_y$  – орныққан немесе номинал қуат;

$P_{\text{ном}}$  – паспорттық қуат;

ПВ –паспорттық қосылу ұзақтығы, салыстырмалы бірлік.

Қайталама-қыскамерзімде жұмыс істейтін электр қабылдағыштарының номинал қуатын (1) бойынша ұзақтық режимге келтіреміз.

Қосылу ұзақтығы ПВ=85% таль үшін

$$P_y = P_{\text{ном}} \cdot \sqrt{ПВ} = 2,5 * \sqrt{0,85} = 2,3\text{кВт.}$$

Қосылу ұзақтығы ПВ=25% кран үшін

$$P_{\text{ном1}} = 45 * \sqrt{0,25} = 22,5\text{кВт}$$

$$P_{\text{ном2}} = 22 * \sqrt{0,25} = 11\text{кВт}$$

$$P_{\text{ном3}} = 75 * \sqrt{0,25} = 37,5\text{кВт}$$

Қалған электрэнергия қабылдағыштары ұзақтық жұмыс режиміндегі қабылдағыштар болады.

## 1.2 Қабылдағыштардың сенімділік категорияларын анықтау

Электрмен қамтамасыз ету сенімділігіне қатысты электр қабылдағыштарды келесі үш категорияға бөледі [10].

I категориялы электр қабылдағыштары - оларды электрмен жабдықтауда үзіліс болғанда келесідей жағдайлар болады: адамадардың өміріне қауіп төндірілуі; халық шаруашылығына үлкен шығын келтірілуі; қымбат негізгі жабдықтың істен шығуы, күрделі технологиялық процестің бұзылуы, коммуналдық шаруашылықтың негізгі қажетті элементтерінің бұзылуы.

II категориялы электр қабылдағыштары – оларды электрмен көп мөлшерде шықпай қалуы, жұмыс механизмдерінің және өндіріс көлігінің тоқтап қалуы, қала және ауыл тұрғындарының көбісінің қалыпты жұмыстарының бұзылуы.

III категориялы электр қабылдағыштарына I және II категорияға кірмейтін электр қабылдағыштары кіреді.

I және II категориялы электр қабылдағыштары бір-бірінен тәуелсіз екі қоректену көзімен қамтамасыз етілуі керек.

Балқыту цехының қабылдағыштарының сенімділік категорияларын [3]-ға сәйкес анықтаймыз.

3-кесте. Категория бойынша тұтынушылардың құрамы

Электр жабдығының аты	P, кВт	Саны, дана	Қорытынды P, кВт	Сенімділік категориясы
Науа (конвейер)	14	10	140	I
Элеватор	11	15	165	II
Қоректендіргіш	2,2	10	22	II
Кептіргіш агрегат	3	20	60	II
Элеватор	0,75	10	7,5	II
Таль	2,5	4	9,2	II
Кран	45	2	25	I
Кран	22	2	22	I
Кран	75	2	75	I
Сорап	45	10	450	I
Сорап	75	2	140	I
Вибратор	2,2	8	17,6	I
Шығыр (лебедка)	20	2	40	II
Желдеткіш	45	8	360	II
Желдеткіш	90	6	540	II
Бетонараластырғыш	55	5	275	II
Түтінсорғыш	1000	2	2000	I

Шнек	7,5	8	60	II
Жылыту агрегаты	6,6	5	33	II
Жарықтандыру	100	-	100	I
Барлығы:			4541,3	-

Сонымен жоғарыдағы көрсетілген балқыту цехының негізгі электр жабдықтары I және II категорияға жатады.

### 1.3 Тоқ және кернеу мәнін таңдау

Цехта жұмыстарының технологиялық ерекшеліктеріне байланысты жұмыс режимдерінде әр түрлі агрегаттар қоладанылады. Олар әр түрлі тоқ пен кернеуді қажет етеді. Сол себепті оларды таңдау қажеттілігі туындайды.

Цехтық желілерде 660, 380, 220 және 127В кернеуді қолданады. 127 және 220В кернеулері негізінен жарықтандыру құрылғыларында қолдануға ұсынылады. Бұл кернеулер күштік желілер үшін де қолданылады – қуаты аз қабылдағыштар үшін, зертханалық қондырғылар және т.б.

Күштік желі үшін негізгі кернеу 660 және 380В. 660В кернеуі техникалық-экономикалық көрсеткіштері бойынша 220, 380 және 127В кернеулерінен артық. Бірақ жарықтандырғыш қондырғыларды қоректендіру үшін арнайы трансформаторларды орнату керек болады.

Цехтың тұрақты тоқ желілерінде 440, 220 және 110 В кернеулері қолданылады. 220 В кернеуі өндірістің барлық салаларында қолданылады; 110В кернеуі сирек кездеседі және қуаты аз қабылдағыштар үшін қолданылады; 440В кернеуі қуаты үлкен қабылдағыштар үшін қолданылады және тәжірибесінде сирек кездеседі.

Жоғарыда көрсетілген қуаттары мен қабылдағыштары бар түсті өндірістің байыту фабрикасының балқыту цехы үшін айнымалы тоқты өндірістік жиілікті 380В кернеуі қолданады. Бірақ түтінсорғыштар үшін 6кВ-қа есептелген қуаттары 1000кВт асинхронды қозғалтқыштар қолданады. Сондықтан бұл екі элемент цехтық қосалқы станцияның жоғарғы кернеу шиналарынан қоректенеді.

Қосымша Қ1 кестесі бойынша балқыту цехының берілген электр жабдығы үшін электрэнергия қабылдағыштарын және жүктеме графиктерін сипаттайтын көрсеткіштер анықталған. Олар 4-кестеге еңгізілген.

4-кестеде берілген  $\kappa_u$  және  $\cos \varphi$  мәндеріне сәйкес цехтың электр қабылдағыштарын 5 топқа келесі мінездемелік пайдалану коэффициенттері бойынша бөлеміз  $\kappa_u = 0,05; 0,16; 0,6; 0,7; 0,8$ .

4-кесте. Балқыту цехының берілген электр жабдығы үшін электрэнергия қабылдағыштарын және жүктеме графиктерін сипаттайтын көрсеткіштер

Электр жабдығының аты	P, кВт	Саны, дана	Қорытынды P, кВт	Ки	cos φ	K <sub>c</sub>	K <sub>B</sub>
1 Науа (конвейер)	14	10	140	0,6	0,7	0,6	-
2 Элеватор	11	15	165	0,6	0,7	0,65	-
3 Қоректендіргіш	2,2	10	22	0,7	0,72	0,7	-
4 Кептіргіш агрегат	3	20	60	0,6	0,7	0,65	1
5 Элеватор	0,75	10	7,5	0,6	0,7	0,65	-
6 Таль	2,5	4	9,2	0,16	0,2	0,32	-
7 Кран	45	2	25	0,05	0,2	0,1	-
Кран	22	2	22	0,05	0,2	0,1	-
Кран	75	2	75	0,05	0,2	0,1	-
8 Сорап	45	10	450	0,8	0,85	0,9	1
Сорап	75	2	140	0,8	0,85	0,9	1
9 Вибратор	2,2	8	17,6	0,6	0,65	0,6	-
10 Шығыр (лебедка)	20	2	40	0,6	0,65	0,7	-
11 Желдеткіш	45	8	360	0,6	0,75	0,65	1
Желдеткіш	90	6	540	0,6	0,75	0,65	1
12 Бетонараластырғыш	55	5	275	0,7	0,8	0,75	1
13 Түтінсорғыш	1000	2	2000	0,7	0,85	0,75	-
14 Шнек	7,5	8	60	0,6	0,7	0,65	-
15 Жылыту агрегаты	6,6	5	33	0,6	0,75	0,6	-
16 Жарықтандыру	100	-	100	0,8	0,98	0,95	-
Барлығы:			4541,3				

Пайдалану коэффициенті  $k_u = 0,05$  топтары үшін:

1. Топтағы электр қабылдағыштарының номиналды қуаттарының қосындысын табамыз, яғни 4-кестенің 7-пунктіндегі қозғылтқыштар

$$P_{ном 0,05} = 25 + 22 + 75 = 122 \text{ кВт}$$

2. Ең көп жүктелетін ауысым кезіндегі орташа максималды қуатты табамыз:

$$\text{активті } P_{ср.мах 0,05} = 0,05 * 122 = 6,1 \text{ кВт}$$

реактивті

$$Q_{ср.мах}^{0,05} = 6,1 * 9,95 = 60,7 \text{ кВар}$$

Келтірілген мысалға ұқсас келесі есептеулер 5-кестеге еңгізілген.

Жарықтандырудың орташа максималды қуаты келесі формула арқылы анықталады

$$P_{\text{ср.мах}\cdot 0} = 0,95 * P_{\text{ном.}}, \quad (17)$$

$$P_{\text{ср.мах}\cdot 0} = 0,95 * 100 = 95\text{кВт}$$

5-кесте. Ең көп жүктелетін ауысым кезіндегі орташа максималды жүктемелер

Қабылдағыштар тобы	0,05	0,16	0,6	0,7	0,8	Жарықтандыру
$P_{\text{ном.т}}$ , кВт	122	9,2	1423,1	2297	590	100
$P_{\text{ср.мах}}$ , кВт	6,1	1,47	853,86	1607,9	472	95
$Q_{\text{ср.мах}}$ , кВар	60,7	7,2	845,32	1205,9	292,64	-

(4) және (5) арқылы тармақ бойынша орташа ауысымдық қуатты анықтаймыз:

$$P_{\text{ср.мах}} = 6,1 + 1,47 + 853,86 + 1607,9 + 472 + 95 = 3036,33\text{кВт}$$

$$Q_{\text{ср.мах}} = 60,7 + 7,2 + 845,32 + 1205,9 + 292,64 = 2411,76\text{кВар}$$

$$S_{\text{ср.мах}} = \sqrt{3036,33^2 + 2404,56^2} = 3873,13 \text{ кВА}$$

$K_M$  мәні электр қабылдағыштардың ( $n_{\text{эф}}$ ) тиімді санының пайдалану коэффициентіне байланысты. Электр қабылдағыштардың ( $n_{\text{эф}}$ ) тиімді саны қосымшаның  $K_M = f(k_u, n_{\text{эф}})$  қисығы бойынша немесе Қ2 кестесі бойынша табылады.

Топтағы электр қабылдағыштардың тиімді саны келесі формула арқылы анықталады

$$(n_{\text{эф}}) = \frac{(\sum_1^n P_{\text{ном}})^2}{\sum_1^n P_{\text{ном}}^2} \quad (18)$$

Жоғарыда көрсетілгендерден басқа есептік реактивтік жүктемені анықтаймыз

$$Q_p = P_p \cdot \tan \varphi \quad (19)$$

Топтың толық реактивті қуатын келесі формула арқылы анықтаймыз

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (20)$$

Пайдалану коэффициенті  $k_u = 0,6$  электр қабылдағыштар тобы үшін:

1. (18) бойынша топтағы электр қабылдағыштардың тиімді санын табамыз:

$$n_{\text{эф}} = \frac{(140+165+60+7,5+17,6+40+360+540+60+33)^2}{140^2+165^2+60^2+7,5^2+17,6^2+40^2+360^2+540^2+60^2+33^2} = 4,23$$

Алынған мәнді жуықтаймыз  $n_{\text{эф}} = 4$ .

2. Қосымша Қ2 кестесі бойынша  $K_M$  мәнін анықтаймыз, ол 1,14-ке тең.

3. (10) формула бойынша топтық есептік активті жүктемесін анықтаймыз

$$P_{\text{макс}} = 1,14 * 853,86 = 973,4\text{кВт}$$

4. (11) формула бойынша топтық есептік реактивті жүктемесін анықтаймыз



$$Q_{\text{макс}} = 973,4 * 0,9 = 876,06 \text{кВар}$$

5. (20) формула бойынша топтық толық жүктемесін анықтаймыз

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{973,4^2 + 876,06^2} = 1309,43 \text{кВА}$$

Келтірілген мысалға ұқсас келесі есептеулер б-кестеге енгізілген.

Электрлік жарықтандырудың есептік қуатын анықтау үшін келесі формуланы қолданамыз

$$P_{p.o} = 0,8 \cdot P_{y.o}$$

мұндағы 0,8 – жарықтандырғыш қондырғылар үшін сұраныс коэффициенті, барлық жағдай үшін бірдей болады;

$P_{y.o}$  – жарықтандырудың орныққан қуаты.

$$P_{y.o} = 0,8 \cdot 100 = 80 \text{ кВт}$$

б-кесте. Электр қабылдағыштардың мінездемелік топтарының есептік жүктемелері

Қабылғыштар тобы	0,05	0,16	0,6	0,7	0,8	Жарықтандыру	Барлығы
$n_{\text{эф}}$	2	1	4	1	2	-	-
$K_M$	4	3,7	1,14	1,45	1,2	-	-
$P_{\text{ср.макс}}$ , кВт	6,1	1,47	853,86	1607,9	472	95	3036,33
$Q_{\text{ср.макс}}$ , кВар	60,7	7,2	845,32	1205,9	292,64	-	2411,76
$P_{\text{макс}}$ , кВт	24,4	5,44	973,4	2331,46	566,4	80	3981,1
$Q_{\text{макс}}$ , кВар	232	25,59	876,06	1693,91	353,93	-	3181,49
$S_{\text{макс}}$ , кВА	233	26,16	1309,4	2881,85	667,89	-	5118,3

## 2 ТРАНСФОРМАТОРЛАР САНЫ МЕН ҚУАТЫН, ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯНЫҢ ТҮРІ МЕН САНЫН ТАҢДАУ

### 2.1 Трансформаторларды таңдау

Бастапқы берілгендеріне байланысты трансформаторлардың номиналды қуаттарын таңдаудың екі әдісі бар:

- 1) қалыпты және апаттық режимдер үшін мінездемелік тәулік бойы цехтың жүктемесінің берілген тәуліктік графиктері бойынша;
- 2) сол режимдер үшін есептік қуат бойынша.

Бірінші жағдайда трансформаторларды таңдау БТҚС бас төмендеткіш қосалқы станция (ГПП) немесе жақындатылған кірмелі қосалқы станция ЖКҚС (ПГВ) трансформаторларын таңдауға ұқсас болып келеді.

Екінші жағдайда трансформаторлардың қуатын таңдау олардың қалыпты режимде рационалды жүктелуін және авариядан кейінгі режиде резервтеудің минималды қажеттілігін ескере отырып жүргізеді.

Бұл кезде трансформаторлардың номиналды қуаты максималды жүктелген ауысымдағы орташа жүктеме бойынша анықталады

$$S_{\text{ном.т}} = S_{\text{ср.мах}} / (N \cdot k_3) \quad (21)$$

мұндағы  $S_{\text{ном.т}}$  – трансформатордың номинал қуаты;

$S_{\text{ср.мах}}$  – ең көп жүктелген ауысымдағы орташа жүктеме;

$N$  – трансформаторлар саны;

$k_3$  – трансформаторлардың жүктелу коэффициенті.

Цехтық трансформаторларының тиімді жүктелуі электрэнергия тұтынушаларының сенімділік категориясына, трансформаторларының санына және резервтеудің әдісіне байланысты. I-II категориялы жүктемелер көп болған кезде және төменгі кернеуде трансформаторлардың өзара резервтелу жағдайына байланысты трансформаторлардың жүктелу коэффициенттеріне  $k_3=0,65 \div 0,7$  мәндері саналады.

Авариялық жағдайларда жұмыс істеп тұрған трансформатор рұқсат етілген асқын жүктемеге келесі шарт арқылы тексерілуі керек:

$$1,4 S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ср.мах}} \quad (22)$$

Егер шарт орындалмаса, онда трансформатордың бастапқы жүктелуі есептелінеді

$$k_{31} = S_{\text{ср.мах}} / 2 * S_{\text{ном.т}} \quad (23)$$

мұндағы  $k_{31}$ -трансформатордың бастапқы жүктелуі, салқындату жүйелері Д, ДЦ, Ц, М трансформаторлары үшін номиналды қуаттарынан 1,4 асқын жүктеу уақытында тәулігіне 6 сағаттан асырмай қатарынан 5 тәулікке шейін рұқсат етіледі. Бұл кезде [10]-ға сәйкес бастапқы жүктелу коэффициенті 0,93-тен аз болуы керек.

Орнатылуға алынған трансформаторлар сонымен қатар рұқсат етілген жүйелік асқын жүктелуге келесі шарт арқылы тексерілері керек

$$1,3 \cdot S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ср.макс}} \quad (24)$$

Трансформаторлардың сөніп қалуы сирек болғанымен ол жағдайды да ескеру керек, сол себептен I және II категориялы тұтынушылар болғанда екі трансформатор орнатылады. Үш трансформаторлы қосалқы станцияны жобалау ұсынылмайды, себебі пайдалануда ыңғайсыз болып келеді және резервті автоматты қосу РАҚ (АВР) құрылғысы кезінде үлкен қиындықтар әкеледі.

Қосалқы станциядағы қалыпты жұмыс үшін үш фазалы екі трансформатор орнатылады. Олардың әрқайсысының номинал қуаты максималды жүктеменің 60-70%-ын құрайды. Қ13 кестесінде трансформаторлардың номиналды қуаттарының қатары берілген.

**Мысал 2.** 1.2- мысалдың берілгендерімен балқылту цехы үшін трансформаторларды таңдаймыз:

1. (21) бойынша трансформаторлардың номинал қуаты:

$$S_{\text{ном.т}} = 3873,13 / (2 * 0,7) = 2766,52 \text{ кВА}$$

2. 13- кестеден келесі трансформаторды таңдаймыз: ТМ-2500/10

$$S_{\text{ном}} = 2500 \text{ кВА, ЖК } 6 - 10 \text{ кВ, ТК } 0,4 \text{ кВ.}$$

3. (22) бойынша екінші трансформатор істен шыққан жағдайы үшін трансформаторды тексереміз:

$$1,4 * 2500 \geq 3873,13$$

шарт орындалмайды, сондықтан (23) бойынша трансформатордың бастапқы жүктелуін есептейміз

$$k_{31} = 3873,13 / 2 * 2500 = 0,77 < 0,93 ,$$

сонымен , жоғарыда көрсетілген шарттар бойынша мұндай асқын жүктелу үшін трансформатор рұқсат етіледі.

4. Таңдалған трансформатор (24) бойынша жүйелік асқын жүктелуге тексеріледі:

$$2500 \leq 3873,13 * 1,3$$

Шарт орындалады. Яғни, жоғарыда көрсетілген трансформаторды орнатамыз.

## 2.2 Қосалқы станцияның түрі мен санын таңдау

III категориялы электрлік жүктемелерді қоректендіру үшін бір трансформаторлы қосалқы станцияны қолданған жөн. II категориялы жүктемелер болған кезде екінші ретті кернеуде аралық қосқыш (перемычкалар) бойынша қуатты резервтеу шарты кезінде және трансформаторлардың қоймалық резерві бар кезде 10-6/0,4кВ бір трансформаторлы қосалқы станцияны қолдану керек. Бұл кезде екінші ретті кернеу жауапты тұтынушыларды қоректендіретіндей жеткілікті болу керек. Екі трансформаторлық цехтық қосалқы станцияны шоғырланған жүктемелер кезінде және I категориялы тұтынушылар көп болған кезде қолданады. I категорияның ерекше тобының тұтынушылары болған кезде үшінші қоректендіру көзін қарастыру қажет.

Жоғарыда көрсетілген 2-мысалда балқыту цехында бір екі трансформаторлы қосалқы станция орнатылады, ол қалыпты және авариялық режим (трансформаторлардың бірінің істен шығуы) кезінде цехтың барлық сұраныстарын толық қамтамасыз ететіндей есептелген.

## 3 РЕАКТИВТІ ҚУАТТЫ ҚАРЫМТАЛАУ

Цехтық трансформаторлардың саны мен қуатын таңдағанда, сонымен қатар трансформатор арқылы кернеуі 1кВ-қа дейін желіде реактивті қуаттың шамасының экономикалық тиімділігі жөніндегі мәселені шешу керек.

Цехтық желіде орнатылатын төменгі кернеудегі конденсаторлық батареялардың (КБ) есептік қуаттарының қосындысы екі этапқа келтірілген минимум шығындар бойынша есептеулер арқылы анықталады:

1) экономикалық тиімді цехтық трансформаторлардың саны таңдалады;

2) кәсіпорынның кернеуі 6-10кВ желілерінде және трансформаторлардағы шығындарын тиімді азайту мақсатында төменгі кернеудегі КБ-ның қосымша қуатын анықтайды.

Төменгі кернеудегі КБ-ның есептік қуаттарының қосындысы

$$Q_{HK} = Q_{HK1} + Q_{HK2} \quad (25)$$

мұндағы  $Q_{HK1}$  және  $Q_{HK2}$  – есептеудің екі этапында анықталған төменгі кернеудегі КБ-ның қуаттарының қосындысы.

### 3.1 Цехтық трансформаторлардың тиімді санын таңдау

Технологиялық байланысқан жүктемелерді қоректендіруге арналған  $S_{ном.т}$  қуаттары бірдей цехтық трансформаторлардың  $N_{min}$  минималды саны келесі формула арқылы анықталады

$$N_{min} = P_{ср.мах} / (k_3 S_{ном.т}) + \Delta N, \quad (26)$$

мұндағы  $P_{ср.мах}$  – ең көп жүктелетін ауысымдағы орташа жүктеме;

$k_3$  – трансформатордың жүктелу коэффициенті;

$\Delta N$  – жақын бүтін санға дейін қосымша.

Трансформаторлардың экономикалық тиімді саны  $N_{опт}$  келесі формула арқылы анықталады

$$N_{опт} = N_{min} + m \quad (27)$$

және  $N_{min}$  мәніне  $m$  шамасына дейін өзгереді, мұндағы  $m$  – қосымша орнатылған трансформаторлар.

$N_{опт}$  мәнін (27) бойынша анықтайды, мұнда  $m$  қосымша ҚЗ8 бойынша  $N_{min}$  және  $\Delta N$  тәуелділігінен алынады.

Үш немесе одан аз трансформаторлар кезінде олардың қуаттары ең көп жүктелетін ауысым кезіндегі  $P_{ср.мах}$  орташа активті қуат бойынша анықталады.

$$S_{ном.т} \geq P_{ср.м} / (k_3 \cdot N_{опт}) \quad (28)$$

Кернеуі 1кВ-қа дейінгі желілерге трансформаторлар арқылы жіберуге болатын ең көп реактивті қуатты келесі формула арқылы анықтайды

$$Q_{макс} = \sqrt{(N_{опт} \cdot k_3 \cdot S_{ном.т})^2 - P_{ср.мах}^2} \quad (29)$$

Кернеуі 1 кВ дейінгі конденсаторлық батареялардың қуаттарының қосындысы

$$Q_{HK1} = Q_{ср.мах} - Q_{макс.т} \quad (30)$$

мұндағы  $Q_{ср.мах}$  - кернеуі 1кВ-қа дейінгі ең көп жүктелетін ауысым кезіндегі реактивті қуаттардың қосындысы.

Егер есептеулерде  $Q_{нк1} < 0$  болса, онда трансформаторлардың тиімді санын таңдағанда конденсаторлық батареяларын орнату қажет емес ( $Q_{нк1}$  құраушысы (28) сәйкес нөлге тең етіп алынады).

### 3.2 Трансформаторлардағы қуат шығынын азайту үшін конденсаторлық батареялардың қуаттарын таңдау

Берілген трансформаторлар тобы үшін төмендегі кернеудегі КБ-ның қосымша қуаты  $Q_{нк2}$  келесі формула арқылы анықталады

$$Q_{нк2} = Q_{ср.мах} - Q_{нк1} - \gamma \cdot N_{опт} \cdot S_{ном.т} \quad (31)$$

мұндағы  $\gamma$  – есептік коэффициент,  $k_{р1}$  және  $k_{р2}$  есептік шама-шарттарына және цехтық трансформаторлық қосалқы станцияның (ТП) қоректену сызбасына (екі трансформаторлы магистралы сызба үшін қосымша Қ40 бойынша, радиалды сызба үшін қосымша Қ39 бойынша) тәуелді болады.  $k_{р1}$  мәні төменгі және жоғарғы кернеудегі КБ-ға меншікті келтірілген шығындарға және активті қуаттың шығындарына тәуелді, қосымша Қ35 алынады,  $k_{р2}$  мәні қосымша Қ36 кестесінен анықталады.

Егер есептеулерде  $Q_{нк2} < 0$  болса, онда берілген трансформаторлар тобы үшін реактивті қуат  $Q_{нк2}$  нөлге тең етіп алынады.

Жоғарыда көрсетілгендерден кейін қосымшалар Қ28, Қ29 кестелерінен есептеулер нәтижелері бойынша қуаттарына сәйкес конденсаторлық батареялар таңдалады.

**Мысал 3. 2** – мысал бойынша балқыту цехындағы қарымталаушы құрылғыларды орнату үшін реактивті қуатты есептейміз.

1. (26) формуласы бойынша технологиялық байланысқан жүктемелерді қоректендіру үшін арналған цехтық трансформатордардың  $N_{min}$  минималды санын анықтаймыз:

$$N_{min} = 3036,33 / (2500 * 0,7) + 0,27 = 2$$

2. (27) бойынша трансформаторлардың экономикалық тиімді санын есептейміз, қосымша Қ38 бойынша қосымша орнатылған трансформатор санын  $m$  анықтаймыз, бұл кезде  $\Delta N = 27$  және  $N_{min} = 2$  деп есептейміз. График бойынша  $m=0$ , сондықтан  $N_{опт} = 2 + 0 = 2$  болады да қосымша трансформаторларды орнату қажет емес.

3. Үш және одан кем трансформаторлар кезінде олардың қуаттарын (21) бойынша ең көп жүктелетін ауысымдағы орташа активті қуат  $P_{ср.м}$  арқылы таңдайды

$$S_{ном.т} = 3036,33 / (2 * 0,7)$$

$S_{\text{НОМ.Т}} = 2168,81$  кВА және осыдан номинал қуаты 2500кВА трансформатор таңдаймыз, яғни 2-мысалдағы таңдалған трансформаторларды таңдаймыз, бұл алдындағы қарастыруларды растайды.

4. Трансформаторлар арқылы кернеуі 1кВ-қа дейінгі желіге берілетін ең максималды реактивті қуат (29) формуласы бойынша анықталады

$$Q_{\text{max.m}} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 2500)^2 - 3036,33^2}$$

5. Кернеуі 1кВ-қа дейін конденсаторлық батареялардың қуаттарының қосындысы (30) бойынша келесідей болады

$$Q_{\text{НК1}} = 2411,76 - 1740,89 = 670,87 \text{ кВар}$$

6. Берілген трансформаторлар үшін төменгі кернеудегі КБ-ның қосымша қуаты  $Q_{\text{НК2}}$  (31) формуласы бойынша анықталады, бұл кезде қосымша Қ35-кесте бойынша Солтүстік-батыста орналасқан және үш ауысымда жұмыс істейтін кәсіпорын үшін  $k_{p1}=11$ , қосымша Қ36 кестесі бойынша трансформатордың қуаты 2500кВА және қоректендіру желісінің ұзындығы 500м-ге дейін болғанда  $k_{p2}=5$ . Қосымша Қ39 бойынша  $k_{p1}$  және  $k_{p2}$  берілген коэффициенттерге сәйкес  $\gamma=0,3$ , сонда

$$Q_{\text{НК2}} = 2411,76 - 0 - 0,3 \cdot 2 \cdot 2500 = 911,76 \text{ кВар}$$

7. Төменгі кернеудегі КБ-ның реактивті қуатының қосындысы (25) бойынша

$$Q_{\text{НК2}} = 670,87 + 911,76 = 1582,63 \text{ кВар}$$

8. Реактивті қуаттың қосындысы бойынша қосымшалар Қ28, Қ29 кестелерінен номиналды кернеуі 0,38кВ, реактивті қуаты  $Q_{\text{НОМ}}=450$ кВар қарымталаушы құрылғысын таңдаймыз. Әрбір секцияға екеуден орнатқанда, мұндай құрылғылардан төртеу қажет. Артық қуат апаттан кейінгі режимдерде рұқсат етілетін кернеу ауытқуын қамтамасыз ету үшін қарастырылған (10-15%-ға артық ұсынылады).

#### **4 КЕРНЕУІ 1000В-ҚА ДЕЙІН МАГИСТРАЛДЫ ЖӘНЕ ТАРАТУШЫ ЖЕЛІЛЕРДІ ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ТАҢДАУ**

Электрэнергияның таралуының цехтық желілері төмендегідей болуы керек:

- категорияға байланысты электрэнергия қабылдағыштарын электрмен жабдықтауының қажетті сенімділігін қамтамасыз ету керек;
- пайдалануға ыңғайлы және қауіпсіз болу керек;
- тиімді техникалық-экономикалық көрсеткіштер болу керек (минималды келтірілген шығын);
- монтаждың индустриалдық және жылдамдатылған әдістерін қолдануды қамтамасыз ететін құрылыстық орындалуы болу керек.

Цехтық желілердің сызбалары магистралды және радиалды болып бөлінеді. Төменгі кернеудегі таратушы құрылғыдан цехтық қосалқы станциядан шығатын және қуаты үлкен жеке электрэнергия қабылдағыштарын және цехтық таратушы желісін қоректендіретін цехтық электрлік желісін басты

магистралды желі деп атайды. Басты магистралдар үлкен жұмысшы тоқтарға есептелінеді (6300А-ге дейін), олардың жалғану саны аз болады. Блок трансформатор-магистрал (БТМ) типті магистралды сұлба кеңінен қолданылады. Мұндай сұлбаны төменгі кернеулі таратушы құрылғы жоқ, ал магистрал цехтық трансформаторға кірме (вводной) автоматты ажыратқышы арқылы қосылады. Екі трансформаторлы қосалқы станция және БТМ сұлбасы кезінде өзара резервтеу үшін автоматты ажыратқышпен аралық құрылғыны орнатады.

Таратушы магистралдар магистралдың желісі бойында бірқалыпты таралған қуаты аз және орташа қабылдағыштарды қоректендіру үшін арналған. Мұндай сұлбалар тоғы 630-ге дейін ШРА сериялы комплектілі таратушы шиналық өткізгіштерден орындалады. Олардың қоректендіруі басты магистралдан немесе төменгі кернеулі цехтық қосалқы станцияның таратушы құрылғысынан басталады.

Магистралды сызбалар өздерінің әмбебаптылығымен және иілгіштігімен электрмен жабтықтаудың жоғарғы сенімділігін қамтамасыз етеді және машинақұрылыстық және металлургиялық зауыттардың, байыту фабрикалардың және т.б. цехтарында кеңінен қолданылады.

Таратушы желілер үшін цехтық таратушы пункттерден жеке электр қабылдағыштар және шиналық магистралдар қоректену үшін радиалды сұлбалар қолданылады.

Электрмен жабдықтаудың радиалды сұлбаларда цехтың әр жерінде орналасқан электрэнергия қабылдағыштарының үлкен емес топтарын қоректендіру үшін арналған және цехтық қосалқы станцияның төменгі кергеулі таратушы құрылғысынан шығатын цехтық электрлік желілері кіреді.

Цехтық электрлік желілер оқшауланған сымдармен, кабелдермен және шиналармен орындалады, жеке жағдайларда жалаңаш сымдар қолданылады.

Желінің тегі және төсеу түрі келесілерге сәйкес болу керек:

- а) қоршаған орта жағдайына;
- б) желіні төсеу орнына;
- в) желінің қабылдалған сұлбасына.

[10]-ға сәйкес бөлмелердің келесі кластары орнатылған:

1. Құрғақ бөлмелер – бұл бөлмелерде ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 60%-дан аспайды.

2. Ылғалды бөлмелер – бұл бөлмелерде бу немесе конденсациялаушы ылғал ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 75%-ға тең.

3. Дымқыл - бұл бөлмелерде ауаның салыстырмалы ылғалдылығы ұзақ уақыт бойы 75%-дан асады.

4. Ерекше дымқыл - бұл бөлмелерде ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 100%-ға жақын.

5. Ыстық бөлмелер – бұл бөлмелерде ауа қызуы ұзақ уақыт бойы +30<sup>0</sup>С-дан жоғары болады.

6. Шаңды бөлмелер – бұл бөлмелерде өндірістің шарттарында бөлінетін технологиялық шаң сымдарға отырып, машиналардың ішіне т.б. кіре алатындай мөлшерде шығарылады.

7. Химиялық активті ортасы бар бөлмелер – бұл бөлмелерде өндірістің шарттары бойынша тұрақты немесе ұзақ уақыт бойы булар пайда болады немесе бөлініп шығулар пайда болады, олар электр жабдықтарының оқшауламасын және тоқжүгізгіш бөлшектерін бұзады.

8. Жарылысқа қауіпті бөлмелер мен сыртта орнатылатын қондырғылар – бұл бөлмелер мен сыртта орнатылатын қондырғыларда технологиялық процестің шарттарында жарылысқа қауіпті жанғыш газдардың немесе булардың ауамен қоспалары немесе басқа газ-тотықтырғыштармен, сонымен қатар жанғыш шаңдар пайда болады.

9. Өртке қауіпті және сыртта орнатылатын қондырғылар – бұл бөлмелерде мен сыртта орнатылатын қондырғыларда жанғыш заттар не қолданылады, не сақталынады.

**Мысал 4.** Байыту фабрикасы балқыту цехының шарттары келесідей: балқыту пештері болғандықтан құрғақ және ыстық бөлме, өйткені кеннің концентраты балқытылады, кейде бөлме өткізгіштік шаңы бар шаңды бөлме болып табылады. Электрэнергияны тарату үшін болатты құбырларда төселетін АПРТО-500 маркалы өткізгіштерді қолданамыз.

#### **4.1 Өткізгіштердің және шиналық сымдардың қималарын таңдау**

Кернеуі 0,4кВ цехтық желілердің өткізгіштерінің қималарын келесідей таңдайды:

- 1) жүктеме тоғының қыздыру шарты бойынша;
- 2) қысқаша тұйықталу тоқтары және асқын жүктемеден қорғау шарты бойынша.

Таңдалған сымдардың қималары келесідей тексеріледі:

- 1) жұмысшы режимінде және желіде іске қосу тоқтары өткен кезде апатты режимде де желідегі рұқсат етілген кернеу шығыны бойынша.

Қыздыру бойынша өткізгіштердің қималарын таңдау келесі түрде болады:

1. Жүктеменің есептік тоғы анықталады.

а) жүктеменің есептік тоғы ретінде ең көп жүктелетін ауысым кезіндегі берілген элементтің жарты сағаттық максималды тоқтық жүктемесі алынады және ол қондырғысында бір ғана қозғалтқыш болатын электр қабылдағыштар үшін келесі формула арқылы есептелінеді

$$I_p = P / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta) \quad (32)$$

мұндағы  $P$  – орныққан қуат, кВт;

$I_p$  – жұмысшы ток, А;

$\cos \varphi$  – берілген қабылдағыштың қуат коэффициенті;

$\eta$  – берілген электр қабылдағыштың пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК).

- б) Көпқозғалтқышты жетектер үшін



$$I_p = \sum P / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta) \quad (33)$$

мұндағы  $\sum P$  – барлық қабылдағыштың орныққан қуаты, кВт;

$I_p$  – жұмысшы ток, А;

$\cos \varphi$  – берілген қабылдағыштың қуат коэффициенті;

$\eta$  – берілген электр қабылдағыштың пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК).

2. Қыздыру шартынан кейін төмендегі шарт орындалатындай кестелерден желінің рұқсат етілген минималды қимасын таңдайды

$$I_p \leq I_{\text{дл.доп}}, \quad (34)$$

мұндағы  $I_{\text{дл.доп}}$  - сымдардың, кабелдердің және шиналардың берілген қималарына рұқсат етілген ұзақтық ток, А.

Өзгерткіштердің қималарын әрі қарай таңдау және тексеру үшін электр қабылдағыштардың қозғалтқыштарының сипаттамаларын 7-кестеге келтіреміз.

Әр қабылдағыш үшін қыздыру шарты бойынша өткізгіштерді таңдаймыз:

1) жүктеменің есептік тоғын (32) бойынша анықтаймыз:

Науа үшін  $P=14$  кВт,  $\cos \varphi$ -ді 7-кестеден нақты жұмыс бойынша аламыз

$$I_p = 14 / (1,7 * 0,38 * 0,7 * 0,88) = 35,18 \text{ А}$$

2) Магистралдан науаның қозғалтқышына дейінгі кабелді қосымшадағы кесте Қ6-Қ7 бойынша немесе 15-14 [4] таңдаймыз – мыс талшықты қимасы 4мм<sup>2</sup> құбырда төселетін ПХВБ маркалы кабель.

Келтірілген мысалға ұқсас келесі есептеулер 8-кестеге еңгізілген.

7-кесте. Цехтың электр қабылдағыштарының сипаттамалары

Электр жабдығының аты	Р, кВт	Қозғалтқыш түрі	$I_{\text{пуск}} = I_{\text{пик}}$ , А	$\alpha$	$I_{\text{раб*}}$ , А	$\eta$
Науа	14	4А154L2У3	233,33	2,5	31,11	0,88
Элеватор	11	4А132М2У3	207,3	2,5	27,64	0,88
Қоректендіргіш	2,2	4А101М2У3	39,9	2,5	5,32	0,89
Кептіргіш агрегат	3	4А104М2У3	57,23	2,5	7,63	0,87
Элеватор	0,75	4А095М2У3	13,95	2,5	1,86	0,89
Таль	2,3	4А102М2У3	145,13	2	19,35	0,92
Кран	22,5	4А181S2У3	1435,29	1,6	191,37	0,91
Кран	11	4А132М2У3	701,69	1,6	93,56	0,91
Кран	37,5	4А201М2У3	2392,15	1,6	318,95	0,91
Сорап	45	4А200L2У3	675,45	1,9	90,06	0,91
Сорап	75	4А250S2У3	1125,75	1,7	150,1	0,91
Вибратор	2,2	4А101М2У3	47,33	2,5	6,31	0,83

Шығыр	20	4A181S2Y3	410,63	2,5	54,75	0,87
Желдеткіш	45	4A200L2Y3	765,75	2	102,1	0,91
Желдеткіш	90	4A250M2Y3	1514,2 5	2,5	201,9	0,92
Бетонараластырғыш	55	4A225M2Y3	876,75	1,9	116,9	0,91
Түтінсорғыш 6 кВ	100 0	A313-59- 4Y4	752,68	2,5	121,4	0,95
Шнек	7,5	4A112M2Y3	141,38	2,5	18,85	0,88
Жылыту агрегаты	6,6	4A106M2Y3	121,65	2,5	16,22	0,84
Жарықтандыру	100	-	161,2	-	161,2	-

\*(32) бойынша анықталған.

Электр қабылдағыштарының тармақтарын қоректендіру үшін магистралды шиналық сымдарды трансформаторлық қосалқы станцияның әр шиналар секциялар арқылы өткіземіз. Сұраныс коэффициентіне байланысты магистралды сым арқылы тоқты анықтау үшін алдымен есептік активті қуатты табамыз:

$$P = \sum k_c \cdot P_{ny}, \quad (35)$$

мұндағы  $P$  – «n» тобының электр қабылдағышының есептік активті қуаты;

$k_c$  - берілген электр қабылдағыштар тобы үшін мінездемелік сұраныс коэффициенті;

$P_{ny}$  - топтағы электр қабылдағыштарының орныққан қуаты.

Реактивті қуаттың шамасын табамыз:

$$Q = \sum P \cdot \tan \varphi, \quad (36)$$

мұндағы  $P$  – берілген топтың есептік активті қуаты.

8-кесте. Балқыту цехының қабылдағыштары үшін есептік ток және таңдалған сымдар

Қабылдағыштың аты	P, кВТ	Қабылдағыш саны	$I_p$ , А	Қорытынды $I_p$ , А	Сымның маркасы	Талшық саны	Сымның қимасы, мм <sup>2</sup>
Науа	14	10	31,11	311,1	ПХВБ	4	4
Элеватор	11	15	27,64	414,6			4
Қоректендіргіш	2,2	10	5,32	53,2			4
Кептіргіш агрегат	3	20	7,63	152,6			4
Элеватор	0,7	10	1,86	18,6			4

	5						
Таль	2,3	4	19,35	77,4			4
Кран	22,5	2	191,37	382,74			150
Кран	11	2	93,56	187,12			
Кран	37,5	2	318,95	637,9			
Сорап	45	10	90,06	900,6			50
Сорап	75	2	150,1	300,2			95
Вибратор	2,2	8	6,31	50,48			4
Шығыр	20	2	54,75	109,5			16
Желдеткіш	45	8	102,1	816,8			50
Желдеткіш	90	6	201,9	1211			95
Бетонараластырғыш	55	5	116,9	584,5			120
Түтінсорғыш 6 кВ	1000	2	-	-	-	-	-
Шнек	7,5	8	18,85	150,8	ПХВБ	4	4
Жылыту агрегаты	6,6	5	16,22	81,1			4
Жарықтандыру	100	-	161,2	161,2			70
Барлығы	-	-	-	4608,98	-	-	-

Барлық электр қондырғылар тұтынатын толық қуатты анықтаймыз

$$S = \sqrt{p^2 + Q^2} \quad (37)$$

Тұтынатын ток

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U} \quad (38)$$

Балқыту цехы үшін магистралды шиналық сымды таңдаймыз.

Пайдалану коэффициенті  $k_u=0,6$  топ үшін :

1) Топтық активті қуаттарының қосындысын есептейміз

$$P_{ny} = 140 + 165 + 60 + 7,5 + 17,6 + 900 + 60 + 33 = 1383,1 \text{ кВт}$$

2) (35) Бойынша есептік активті қуатты есептейміз

$$P = 0,6 * 1383,1 = 829,86 \text{ кВт}$$

3) (36) Бойынша реактивті қуатты есептейміз

$$Q = 829,86 * 1,04 = 863,05 \text{ кВар}$$

4) (37) Бойынша толық қуатты есептейміз

$$S = \sqrt{829,86^2 + 863,05^2} = 1197,29 \text{ кВА}$$

Келтірілген мысалға ұқсас келесі есептеулер 9-кестеге еңгізілген.

9-кесте. Шиналық сымды таңдау үшін электр қабылдағыштар тобының есептік қуаттары

Көрсеткіштер	Kc=0,1	Kc=0,32	Kc=0,6	Kc=0,7	Kc=0,9	Жарықтандыру	Барлығы
$\cos \varphi$	0,1	0,2	0,7	0,65	0,85	0,98	-
$tg \varphi$	9,51	5,14	1,04	1,01	0,49	0,21	-
$P_{ny}$ , кВт	142	9,2	1383,1	337	590	100	-
$P$ , кВт	14,2	2,94	829,86	235,9	531	95	-
$Q$ , кВар	135,04	15,11	863,05	238,26	260,19	19,95	-
$S$ , кВА	135,78	15,39	1197,29	335,29	591,32	97,07	2372,14

Берілген жұмыста екі шиналық сым қоректенетін шиналық секциялар екеу болғандықтан әрқайсысына шамамен бірқалыпты жүктеме таратамыз, яғни 1-секцияда сұраныс коэффициенттері 0,1; 0,32; 0,7; 0,9 болатын тұтынушылар және жарықтандыру (толық қуаттардың қосындысы 1174,85кВА), ал шиналық сымдардың 2-секциясына сұраныс коэффициенті 0,6 болатын (толық қуаттардың қосындысы 1197,29кВА) тұтынушылар қосылады.

Әр шиналық сым үшін тоқты (38) бойынша есептейміз

$$1 \text{ секция үшін: } I = 1174,85 / (1,7 * 0,38) = 1818,65 \text{ A}$$

$$2 \text{ секция үшін: } I = 1197,29 / (1,7 * 0,38) = 1853,39 \text{ A}$$

Әр секциядан қоректену үшін қимасы  $120 \times 8 \text{ мм}^2$  ШМА маркалы магистралды шиналық сымды таңдаймыз, әр шинаның рұқсат етілеген тоғы 1900А қосымшаның Қ10 кестесі бойынша алынады.

Кернеуі 1000В-қа дейін таратушы желілерге сонымен қатар 0,4кВ таратушы құрылғыларының трансформаторлық қосалқы станциялардың шиналар секциялары кіреді. Магистралды шиналық сымдарды және трансформаторлардың төменгі кернеу жағындағы тармақтарды қоректендіру үшін шиналарды таңдайық. Апат кезінде трансформаторлардың біреуі істеп шығатындықтан және секциялық резервтік автоматты қосылуы орындалатындықтан, шиналар секциялары цехтың барлық жүктемесін өткізе алатындай болуы қажет, олардың қимасын толық қуат бойынша қосымша Қ10 кестесінен  $I_{ном} = 2390 \text{ A}$  тоғына ШМА түрінен таңдаймыз, әр шина өлшемі  $100 \times 8 \text{ мм}^2$  екі жолақтан тұрады.

## **5 ҚЫСҚАША ТҮЙЫҚТАЛУ ТОҚТАРЫН ЕСЕПТЕУ**

### **5.1 Қысқаша түйықталу түрлері, пайда болу себептері және оның нәтижелері**

Қысқаша түйықталу дегеніміз - жұмыстың қалыпты режимінде қарастырылмаған кез-келген кездейсоқ немесе әдейі істелген электрлік желінің әр түрлі нүктелерінің электрлік жалғануы, ол кезде электр қондырғысының тармақтарындағы тоқтар күрт жоғарылайды да, ұзақтық режимінің рұқсат етілген тоғынан асады

Үш фазалы айнымалы тоқ жүйесінде үш фазалық, екі фазалық және бір фазалық қысқаша түйықталулар болуы мүмкін.

Олардың себептері келесідей болуы мүмкін: оқшауламаның механикалық бұзылуы - жерді қазу жұмыстары кезінде кабелдердің тесілуі және зақымдануы; фарфорлы оқшаулатқыштардың сынуы; әуе желісі тіректерінің құлауы; оқшауламаның ескіруі, яғни тозуы, ол бірте-бірте оқшауламаның электрлік қасиеттерінің нашарлауына әкеледі; оқшауламаның ылғалдануы және тағы басқа себептер.

Қысқаша түйықталу нәтижесінде қысқаша түйықталған тізбекте тоқ күрт артады да жүйенің жеке нүктелерінде кернеу азаяды. Қысқаша түйықталу жерінде пайда болған дога аппараттардың, машиналардың және тағы басқа құрылғылардың аздап немесе толығымен бұзылуына әкеледі. Қысқаша түйықталу жеріне жалғанатын электр қондырғының тармағында тоқтың артуы тоқ жүргізетін бөлшектерге және оқшаулатқыштарға механикалық әсерін тигізеді. Қысқаша түйықталудың зардаптарын болдырмау үшін зақымдалған учаскені тезірек сөндіру керек, ол тез істейтін ажыратқыштар мен минималды уақыт ұстамы бар релелік қорғаныс арқылы іске асырылады. Барлық электрлік аппараттар және тоқжүргізетін бөлшектер қысқаша түйықталу тоқтары өткен кезде бұзылмайтындай етіп таңдалулары керек.

Қысқаша түйықталу тоқтарын есептеу үшін есептік сұлба құрылады - электр қондырғының жеңілдетілген біржелілі сұлбасы, онда барлық қоректендіру көздері, трансформаторлар, әуе және кабель желілері, реакторлар есептелінеді.

Тоқ жүргізетін бөлшектерді және аппараттарды таңдау үшін қысқаша түйықталу тоғы электр қондырғының жұмысының қалыпты режимі кезінде есептелінеді: барлық қоректену көздерінің параллель қосылуы кезінде, қосалқы станциядағы секциялық ажыратқышының жұмысының қалыпты режиміне тәуелді трансформаторлардың немесе линиялардың бөлек немесе параллель жұмысы кезінде. Есептік сұлба бойынша алмастыру сұлбасы құрылады, онда барлық элементтер көрсетіліп, қысқаша түйықталу тоқтарын есептеу үшін нүктелер белгіленеді. Генераторлар, трансформаторлар, әуе желісі, реакторлар

алмастыру сұлбаларында индуктивті кедергілермен беріледі, себебі активті кедергілері индуктивті кедергілерден өте аз болады. Кернеуі 6-10кВ кабель желілері, қуаты 1600кВА және одан төмен трансформаторлар алмастыру сұлбаларында индуктивті және активті кедергілермен беріледі. Барлық кедергілер атаулы бірліктерде (Ом) немесе салыстырмалы бірліктерде есептелінеді, кедергілерді есептеу үшін базистік шамалар беріледі: кернеу  $U_6$  және қуат  $S_6$ . Базистік кернеу ретінде қысқаша тұйықталу тоғы есептелінетін сатыдағы орташа номиналды кернеуді алады.

$U_6$  шкаласы: 230; 115; 37; 10,5; 6,3; 0,69; 0,4; 0,23 кВ.

$S_6$  базистік қуат ретінде қысқаша тұйықталу тоқтарын есептеуді ыңғайлату үшін 100 немесе 1000МВА алынады.

Кедергілерді есептеу үшін әр элементтің осы элементтің нақты шамашарттарына тәуелді және 10-кесте бойынша анықталатын формулалары бар.

Кедергілері атаулы бірліктерде (Ом) есептегенде қысқаша тұйықталу тоғы

$$I_{n.o} = U_{cp.}/\sqrt{3} \cdot X_{рез} \quad (39)$$

мұндағы  $U_{cp.}$  – қысқаша тұйықталу тоғы орналасқан сатыдағы орташа кернеу;

$X_{рез}$  – қоректену көзінен қысқаша тұйықтану тоғына дейінгі қортынды кедергі.

10-кесте. Электрлік тізбек элементтерінің кедергілерін есептеу формулалары

Электр қондырғының элементі	Бастапқы шамашарттар	Атаулы бірліктер, Ом	Салыстырмалы бірліктер, *
Генератор	$x_{*d}$ $S_{н.г}$	$x = x_{*d}'' \cdot \frac{U_6^2}{S_{н.г}}$	$x_{*6} = x_{*d}'' \cdot \frac{S_6}{S_{н.г}}$
	$x_d$ % $S_{н.г}$	$x = \frac{x_d''\% \cdot U_6^2}{100 \cdot S_{н.г}}$	$x_{*6} = \frac{x_d''\% \cdot S_6}{100 \cdot S_{н.г}}$
Жүйе	$S_{к.з.}$ $I_{н.отк.}$ $x_{*ci}$ $S_{н.с.}$	$x = \frac{U_6^2}{S_{к.з.}}$ $x = \frac{U_6^2}{\sqrt{3} \cdot I_{н.отк.} \cdot U_{cp.}}$ $x = x_{*c} \cdot \frac{U_6^2}{S_{н.с.}}$	$x_{*6} = \frac{S_6}{S_{к.з.}}$ $x_{*6} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot I_{н.отк.} \cdot U_{cp.}}$ $x = x_{*c} \cdot \frac{S_6}{S_{н.с.}}$

Трансформатор	$x_m \%$ $S_{H.m.}$	$x = \frac{x_m \%}{100} \cdot \frac{U_6^2}{S_{H.m.}}$	$x_{*6} = \frac{x_m \%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{H.m.}}$
Реактор	$x_p \%$ $I_{H.p.}$	$x = \frac{x_p \%}{100} \cdot \frac{U_6^2}{\sqrt{3} \cdot I_{H.p} \cdot U_{cp.}}$	$x_{*6} = \frac{x_p \%}{100} \cdot \frac{I_p}{I_{H.p.}}$
Әуе электр тарату желісі, кабелдер	$x_0, r_0$ Ом/км	$x = x_0 \cdot l$ $r = r_0 \cdot l$	$x_{*6} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2}$ $r_{*6} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2}$

Егер есептеу активті кедергіні ескере отырылып жүргізілсе, онда

$$I_{n.o} = U_{cp.} / \sqrt{3} \cdot Z_{рез} , \quad (40)$$

мұндағы  $Z_{рез} = \sqrt{X_{рез}^2 + R_{рез}^2}$  - толық қорытынды кедергі.

Кедергілерді салыстырмалы бірліктерде есептегенде қысқаша тұйықталу тоғы келесідей анықталады

$$I_{n.o} = I_6 / X_{рез} \quad \text{немесе} \quad I_{n.o} = I_6 / Z_{рез} \quad (41)$$

мұндағы  $I_6 = S_6 / \sqrt{3} \cdot U_{cp.}$  - қысқаша тұйықталу нүктесіндегі базистік тоқ.

Кернеуі 1000В-қа дейінгі желілерде тек реактивті кедергіні ғана емес, сонымен қатар, элементтің активті кедергісін анықтау керек.

Аппараттардың және құрылғылардың, контактілердің, қысқаша тұйықталу жеріндегі доғаның активті кедергілерін қорытынды кедергінің құрамында есептейді

$$r_n = r_k + r_a + r_{mp.m} + r_{\partial} \quad (42)$$

мұндағы  $r_k$  – тоқ жүргізетін шиналардың контактілі жалғануларының өтпелі кедергісі;

$r_a$  – автоматты ажыратқыштың активті кедергісі, ол тоқ ағытқышы ораушының активті кедергісінен және контактілердің өтпелі кедергілерінен тұрады;

$r_{mp.m}$  – тоқ трансформаторының бірінші ретті орамының активті кедергісі;

$r_{\partial}$  – қысқаша тұйықталу жеріндегі доғаның активті кедергісі.

Қорытынды активті өтпелі кедергі комплектілі трансформаторлық қосалқы станцияның төмендеткіш трансформаторының қуатына, электрлік энергияның таралу сатылары бойынша қ.т. жеріне және қ.т. жеріндегі фазалардың минималды ара қашықтығына байланысты. 11-кестеде комплектілі

трансформаторлық қосалқы станцияның екінші ретті жағында қ.т. кезіндегі мәндері келтірілген.

11-кесте. Активті өтпелі кедергінің мәндері

Трансформатордың қуаты, кВА	400	630	1000	1600	2500
Өтпелі кедергі, мОм	9,21	8,02	8,41	5,51	5,12

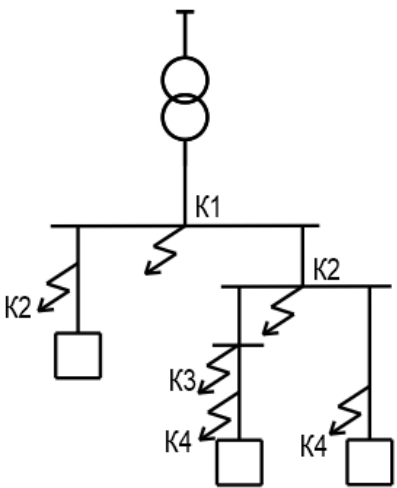
Берілген факторларды ескере отырып комплектілі трансформаторлық қосалқы станциядан кейінгі желінің қ.т. нүктесі үшін қорытынды активті өтпелі кедергісі алынған:

$$r_n = (2,5\sqrt{S_{mp}} \cdot k_{cm}^3 + 320a) / S_{mp}. \quad (43)$$

мұндағы  $k_{cm}$  - қ.т.-дың саты коэффициенті, 12-кесте бойынша желінің есептік сызбасына сәйкес анықталады,

$a$  – қ.т. жеріндегі желі сымдары фазаларының ара қашықтығы, ол шамаға қ.т. жеріндегі доғаның кедергісіне байланысты. Оның мәні 13-кестеде желінің әр түрлі элементтері үшін миллиметрмен берілген.

12-кесте. Қысқаша тұйықталудың саты коэффициентінің мәндері

Желінің есептік сызбасы	Қ.т. сатысы	$K_{ст}$
	Станциялардағы және қосалқы станциялардағы таратушы құрылғылары	K1 нүктесі үшін өтпелі кедергінің мәнінің анықталуы жоғарыда келтірілген.
	Қосалқы станцияның немесе бас магистралдардың щиттерінен радиалды желілермен қоректенетін бірінші ретті цехтық таратушы пункттері; аппараттардың қысқыштары.	2
	Тарату пункттерінен қоректенетін екінші ретті тарату пункттері; аппараттардың қысқыштары.	3
	Екінші ретті тарату	4



	пункттерінен қоректенетін электр қабылдағыштарында орнатылған аппаратура.	
--	---	--

Кернеуі 1кВ-қа дейінгі қарастырылған қ.т. тізбегінің элементтерінің кедергілері базистік шарттарға келесі формула арқылы келтіріледі:

егер элементтің кедергісі миллиомда берілсе,

$$x_6 = x U_6^2 / U_{cp}^2 \quad (44)$$

егер элементтің кедергісі салыстырмалы бірліктерде берілсе,

$$x_6 = x_{*H} U_6^2 \cdot 10^6 / S_{ном} \quad (45)$$

мұндағы  $U_6$  - қ.т. нүктесі орналасқан саты кернеуі, кВ;

$U_{cp}$  – сәйкес элемент қосылған сатының орташа номиналды кернеуі;

$S_{ном}$  – элементтің номиналды қуаты, кВА.

13-кесте. Қысқаша тұйықталу жеріндегі желінің сымдардың фазаларының ара қашықтығы

Комплектілі трансформаторлық қосалқы станция трансформаторларының қуаттары, кВА және ара қашықтығы $a$ , мм	
400	60
630	60
1000	70
1600	120
2500	180
Шиналық сым	
ШМА	10
ШРА	45
Кабель қимасы, мм <sup>2</sup>	
2,5-10	1,6
16-35	2,4
50-95	2,8
120-150	4
240	4,8

Төмендеткіш трансформаторға дейінгі сыртқы жүйенің толық индуктивті кедергісі, төменгі кернеу сатысына келтірілген:

$$x_{с.б} = x_c^{//} U_6^2 / U_{ср.в}^2 \quad (46)$$

мұндағы  $U_{ср.в}$  - трансформатордың жоғарғы кернеу орамына сәйкес келетін сатының орташа номиналды кернеуі.

Қ.т. тізбегінің қорытынды кедергілерін  $r_{резб}$  және  $x_{резб}$  активті өтпелі кедергіні ескере отырып алмастыру сызбасын түрлендіру арқылы анықтайды. Анықталған активті және реактивті қорытынды кедергілердің мәндері бойынша тоқтарды келесідей есептейді (кА):

үш фазалы қ.т. тоғының периодтық құраушысының бастапқы әсерлік мәні

$$I^{||^{(3)}} = U_б \cdot 10^3 / \sqrt{3} \sqrt{r_{рез.б}^2 + x_{рез.б}^2} \quad (47)$$

кернеуі 1кВ-қа дейінгі электр қондырғыларындағы үш фазалы қ.т.-дың соққы тоғы

$$i_y = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I^{||^{(3)}} \quad (48)$$

мұндағы

$$k_y = 1 + \exp(-0,01/T_a) , T_a = x_{рез.б} / (r_{рез.б} \cdot \omega) \quad (49)$$

## 5.2 Қысқаша тұйықталу тоқтарын есептеу

**Мысал 5.1.** Кернеуі 0,4кВ қондырғыларындағы қ.т. тоқтарын есептейміз. Есептік сызбасы және алмастыру сызбасы 2-суретте көрсетілген.

Бастапқы берілгендер.

Трансформатордың қуаты  $S_{н.т} = 1000 \text{кВ} \cdot \text{А}$ , 10/0,4-0,23кВ,  $u_k = 5,5\%$ , толық жүктелу кезіндегі қ.т.-дың қуат шығыны  $\Delta P_k = 12,7 \text{кВт}$ , орамдардың жалғану сұлбасы  $\Delta/Y_n - 11$ . Қоректендіретін қосалқы станцияның кернеуі 10,5кВ. Қоректендіретін қосалқы станцияның 10,5кВ шиналарындағы үш фазалы қ.т. тоғының периодтық құраушысы  $I_{кс} = 10000 \text{А}$ . Қ.т. қарастырылып жатқан сатының базистік кернеуі,  $U_{б.ст} = U_{ср} = 0,4 \text{кВ}$ .

ШМА-73 типті комплектілі шиналық сым  $x_\phi = 0,132 \text{мОм/м}$ ,  $I_n = 1600 \text{А}$ , ұзындығы  $l = 100 \text{м}$ , фазаның кедергісі  $r_\phi = 0,03 \text{мОм/м}$ ,

К1 және К2 нүктелеріндегі үш фазалы қ.т. тоқтарын есептеу керек.

Трансформатордың кернеуі 0,4кВ құрамалы шиналарындағы К1 нүктесіндегі қ.т. тоқтарын есептеу.

Сызбаның тура тізбегінің бойындағы элементтердің индуктивті және активті кедергілерін есептеу:

1. Қоректендіретін қосалқы станцияның (жүйенің) кедергісі

$$x_0 = x_1 = \frac{U_c}{\sqrt{3} I_{к.с}^{(3)}} \left( \frac{U_{б.см}}{U_c} \right)^2 \cdot 10^3 = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 10000} \left( \frac{0,4}{10,5} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,87 \text{ мОм};$$

$$r_c = 0.$$

2. Қуаты 1000кВА трансформатордың кедергісі:

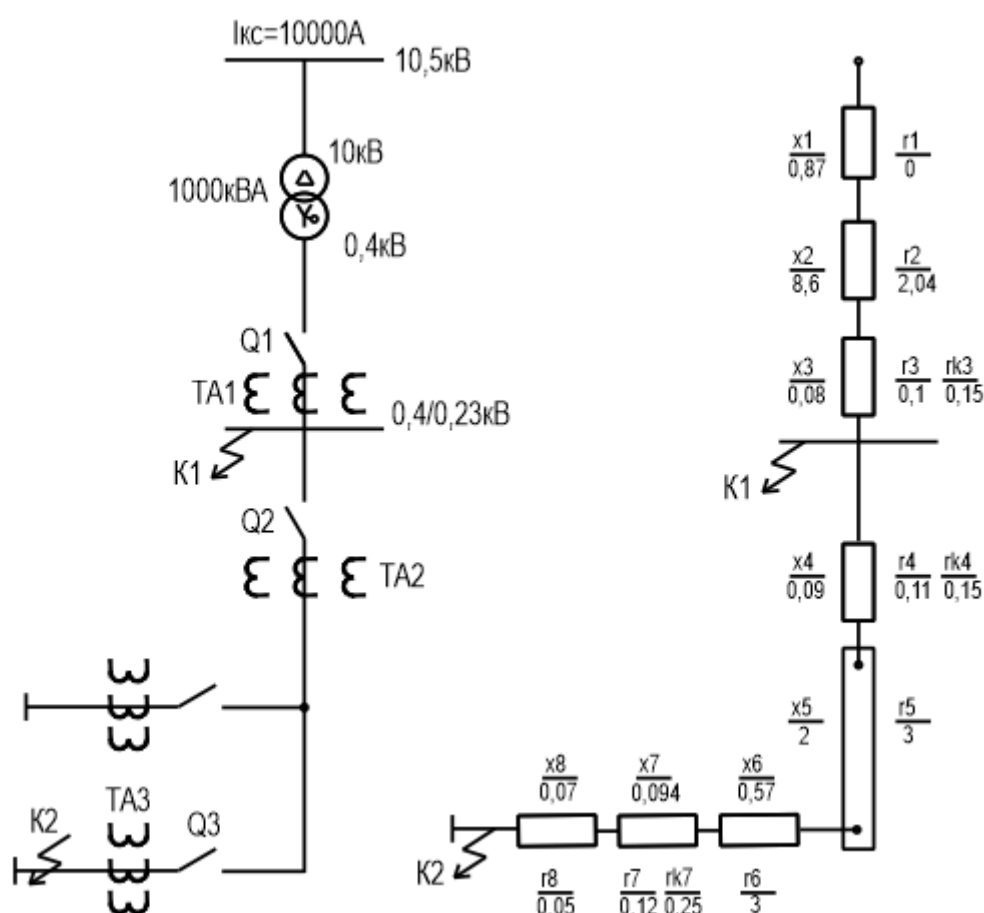
$$z_m = \frac{u_k \% U_H^2}{S_{H.m}} \cdot 10^4 = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{1000} 10^4 = 8,8 \text{МОм}$$

3. Қуаты 1000кВА трансформатордың активті кедергісі:

$$r_m = r_2 = \frac{\Delta P_k U_{6.ст}^2}{S_{H.T}^2} \cdot 10^6 = \frac{12,7 \cdot 0,4^2}{1000^2} = 2,04 \text{МОм}$$

4. Қуаты 1000кВА трансформатордың индуктивті кедергісі:

$$x_m = x_2 = \sqrt{z_m^2 - r_m^2} = \sqrt{8,8^2 - 2,04^2} = 8,6 \text{МОм.}$$



2 сурет. Қысқаша тұйықталу тоқтарын есептеудің электрлік және алмастыру сұлбалары.

5. Максималды тоқ ағытқышы ораушының кедергілерін  $x_{кв}$  және контактілердің өтпелі кедергілерін  $r_{конт}$  қосымшылар Қ23-24 кестелері бойынша Q1 автоматы үшін аламыз:  $x_{кв} = x_3 = 0,08$  мОм;  $r_{кв} = r_3 = 0,01$  мОм;  $r_{конт} = r_k = 0,15$  мОм.

6. Трансформатор шығыстарынан комплектілі трансформаторлық қосалқы станцияның кернеуі 0,4кВ құрамалы шиналарына дейінгі шинаның кедергісі қосымшаның Қ11-кестесі бойынша:

$$x_{\text{шкТП}} = x_4 = 0,06 \text{ мОм}; r_{\text{шкТП}} = r_4 = 0,1 \text{ мОм}$$

7. ТА1 тоқ трансформаторының бірінші ретті орамдарының кедергісі ескерілмейді, себебі ТА1 тоқ трансформаторының орауыш саны біреу.

8. Шиналардағы, қ.т. жеріндегі жалғанудың, аппараттардың кірістеріндегі және шығыстарындағы контактілердің қосынды өтпелі кедергісі:

$$r_{\text{пер}\Sigma} = 15 \text{ мОм}$$

9. Қ.т. тізбегінің қосынды индуктивті кедергісі:

$$x_{1\Sigma} = x_2 + x_3 + x_4 = 0,87 + 8,6 + 0,08 + 0,06 = 9,61 \text{ мОм}.$$

10. Қ.т. тізбегінің қосынды активті кедергісі:

а) шиналардағы және қ.т. жеріндегі  $r_{\text{пер}\Sigma}$  нөлге тең болғанда:

$$r_{1\Sigma} = r_2 + r_3 + r_k + r_4 = 2,04 + 0,1 + 0,15 + 0,1 = 2,39 \text{ мОм}.$$

б)  $r_{\text{пер}\Sigma} = 15 \text{ мОм}$  болғанда:

$$r_{2\Sigma} = r_2 + r_3 + r_4 + r_{\text{пер}\Sigma} = 2,04 + 0,1 + 0,1 + 0,15 = 17,24 \text{ мОм}.$$

11. Қ.т. тізбегінің толық кедергісі:

а)  $r_{\text{пер}\Sigma}$  (шиналардың және қ.т. жеріндегі контактілердің өтпелі кедергісі)

нөлге тең болғанда:

$$z_1 = \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2} = \sqrt{2,39^2 + 9,61^2} = 10 \text{ мОм}$$

б)  $r_{\text{пер}\Sigma} = 15 \text{ мОм}$  болғанда:

$$z_2 = \sqrt{r_{2\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2} = \sqrt{17,24^2 + 9,61^2} = 19,7 \text{ мОм}$$

*Үш фазалы қ.т. тоқтары*

12. Қ.т. тоғының периодтық құраушасының бастапқы әсерлік мәні:

а)  $r_{\text{пер}\Sigma}$  (шиналардың және қ.т. жеріндегі контактілердің өтпелі кедергісі)

нөлге тең болғанда:

$$I_{1n,0}^{(3)} = \frac{U_{6.cm} \cdot 10^3}{\sqrt{3}z_1} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10} = 23,1 \text{ кА};$$

б)  $r_{\text{пер}\Sigma} = 15 \text{ мОм}$  болғанда:

$$I_{2n,0}^{(3)} = \frac{U_{6.cm} \cdot 10^3}{\sqrt{3}z_2} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 19,7} = 11,7 \text{ кА}.$$

13. Сәйкесінше уақыт тұрақтысы:

$$T_{a1} = \frac{x_{1\Sigma}}{\omega r_{1\Sigma}} = \frac{9,61}{314 \cdot 2,39} = 0,0128 \text{ с};$$

$$T_{a2} = \frac{x_{1\Sigma}}{\omega r_{2\Sigma}} = \frac{9,61}{314 \cdot 17,24} = 0,00178 \text{ с}.$$

14.  $t=0,01c$  болғанда қ.т. тоғы құраушысының, апериодтық құраушысының өшу коэффициенті:

$$x_{1t} = e^{-0,01/T_{a1}} = 0,45;$$

$$x_{2t} = e^{-0,01/T_{a2}} = 0.$$

15. Соққы коэффициенттері:

$$K_{1y} = 1 + x_{1t} = 1 + 0,45 = 1,45;$$

$$K_{2y} = 1 + x_{2t} = 1.$$

16. Қ.т.-дың соққы тоғы:

$$i_{1y} = K_{1y} \sqrt{2} \cdot I_{1n,0}^{(3)} = 1,45 \sqrt{2} \cdot 23,1 = 47,2kA;$$

$$i_{2y} = K_{2y} \sqrt{2} \cdot I_{2n,0}^{(3)} = 1 \sqrt{2} \cdot 11,7 = 16,5kA.$$

*ШМА 73 комплектілі шиналық сымын ескере К2 нүктесіндегі қысқаша түйықталу тоғын есептеу*

Алмастыру сызбасындағы элементтердің тура тізбектелуінің активті және индуктивті кедергілерін есептеу:

1. Қосымша К1 қысқаша түйықталу нүктесіне дейінгі қосынды кедергілер:

$$x_{1\Sigma} = 9,61m\Omega, \quad r_{1\Sigma} = 2,39m\Omega, \quad r_{2\Sigma} = 17,24m\Omega.$$

2. Қосымша Қ23,24 кестесі арқылы Q2 автоматының элементтері:

$$x_{KB} = x_4 = 0,09m\Omega;$$

$$r_{KB} = r_4 = 0,11m\Omega;$$

$$r_{KOHТ} = r_4 = 0,15m\Omega.$$

3. ТА2 бір орамды болғандықтан, бірінші ретті ТА2 тоқ трансформаторы ескерілмейді.

4. Қосымша Қ12 кестесі бойынша ШМА73 шиналық сым:

$$x_{ш} = x_5 = x_{\phi} l = 0,02 \cdot 100 = 2m\Omega;$$

$$r_{ш} = r_5 = r_{\phi} l = 0,03 \cdot 100 = 3m\Omega.$$

5.  $l$  кабель ұзындығы К7 кестесі арқылы:

$$x_{каб} = x_6 = x_0 l = 0,056 \cdot 12 = 0,67m\Omega;$$

$$r_{каб} = r_6 = r_0 l = 0,256 \cdot 12 = 3m\Omega;$$

6. Қосымша Қ23,24 кестесі арқылы Q3 автоматының элементтері:

$$x_{KB} = x_7 = 0,094m\Omega;$$

$$r_{KB} = r_7 = 0,12m\Omega;$$

$$r_{KOHТ} = r_7 = 0,25m\Omega.$$

7. Қосымша К27 кестесі арқылы ТА3 тоқ трансформаторының бірінші реттік орамдары:

$$x_{mm3} = x_8 = 0,07m\Omega;$$

$$r_{mm3} = r_8 = 0,05m\Omega.$$

8. Шиналардағы, қысқаша тұйықталу жеріндегі аппараттар мен контактілердің кірісі мен шығысындағы кедергілердің қосындысы:

$$r_{неp\Sigma}^l = 20 \text{ мОм}$$

9. 0,4 кВ қосалқы станциясының құрамалы шиналарынан қосымша К2 қысқаша тұйықталу нүктесіне дейінгі қосынды кедергілері:

$$x_{2\Sigma} = 0,09 + 0 + 2 + 0,67 + 0,094 + 0,07 = 2,92 \text{ мОм};$$

$$r_{2\Sigma} = 0,11 + 0,15 + 0 + 3 + 3 + 0,12 + 0,25 + 0,05 = 6,68 \text{ мОм};$$

$$r_{3\Sigma} = r_{2\Sigma} + r_{неp\Sigma}^l = 26,28 \text{ мОм}$$

(егер  $r_{k4}=0$ )

10. Қоректендіретін қосалқы станцияның 10,5кВ шиналарынан қосымша К2 қысқаша тұйықталу нүктесіне дейінгі қосынды кедергілер:

$$x_{3\Sigma} = x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} = 9,61 + 2,92 = 12,53 \text{ мОм}$$

$$r_{3\Sigma} = r_{1\Sigma} + r_{2\Sigma} = 2,39 + 6,68 = 9,07 \text{ мОм}$$

$$r_{3\Sigma} = r_{2\Sigma} + r_{неp\Sigma} = 2,39 + 20,0 = 22,39 \text{ мОм}$$

11. Толық кедергілер:

$$z_1 = \sqrt{r_{3\Sigma}^2 + x_{3\Sigma}^2} = \sqrt{9,07^2 + 12,53^2} = 15,4 \text{ мОм}$$

$$z_2 = \sqrt{r_{4\Sigma}^2 + x_{3\Sigma}^2} = \sqrt{22,39^2 + 12,53^2} = 30 \text{ мОм}$$

Қысқаша тұйықталу тоғын есептеу

12. Үш фазалы қысқаша тұйықталу тоғының периодты құраушысының бастапқы мәні:

$$I_{n,01}^{(3)} = \frac{U_{6.cm} \cdot 10^3}{\sqrt{3}z_1} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 15,4} = 15,0 \text{ кА.}$$

$$I_{n,02}^{(3)} = \frac{U_{6.cm} \cdot 10^3}{\sqrt{3}z_2} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 30} = 7,7 \text{ кА.}$$

13. Қысқаша тұйықталудың соққы тоғы:

$$i_{y1} = K_y \sqrt{2} I_{n,01} = 1,075 \sqrt{2} \cdot 15,0 = 22,7 \text{ кА};$$

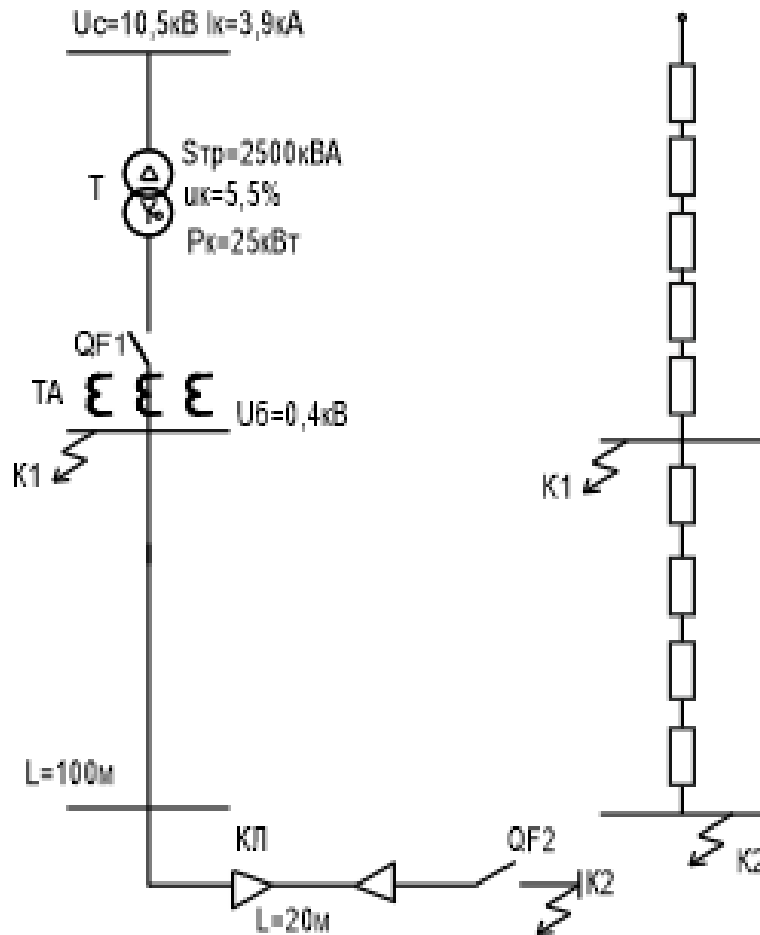
$$i_{y2} = K_y \sqrt{2} I_{n,02} = 1 \sqrt{2} \cdot 7,7 = 10,85 \text{ кА};$$

**Мысал 5.2.** Электрмен жабдықтау жүйесінің К1 және К2 нүктелеріндегі үш фазалы қысқаша тұйықталу тоғын есептеу, сызбасы 3 суретте көрсетілген. Элементтің берілгендері сызбада көрсетілген. Кернеуі 0,4 кВ электрлік қондырғылар ШМА73 типті шиналық сым арқылы қоректенеді.

Шешуі. К1 нүктесіндегі қысқаша тұйықталу тоғын есептеу. Қосалқы станция жүйесімен қоректенетін байланыс кедергісі:

$$x_c = \frac{U_{cp.B}}{\sqrt{3} \cdot I} \cdot \frac{U_6^2}{U_{cp.B}^2} = \frac{10500 \cdot 0,4^2 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 3900 \cdot 10,5^2} = 2,3 \text{ МОм}$$

$$r_c = 0.$$



3 сурет. Қысқаша тұйықталу тоғын есептеудің есептік және алмастыру сұлбалары.

Трансформатор кедергісі:

$$z_{mp} = U_k \cdot U_{НОМ}^2 \cdot 10^4 / S_{mp} = 5,5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^4 / 2500 = 3,52 \text{ МОм};$$

$$r = P_k \cdot U_{НОМ}^2 \cdot 10^6 / S_{mp}^2 = 25 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6 / 2500^2 = 0,64 \text{ МОм};$$

$$x_{mp} = \sqrt{z_{mp}^2 - r^2} = \sqrt{3,52^2 - 0,64^2} = 3,46 \text{ МОм}.$$

Трансформатордың шығысынан кернеуі 0,4кВ құрамалы шиналарға дейінгі қосымша бойынша шина кедергілері:

$$x_{ш} = 0,133 \cdot 10 = 1,33 \text{ МОм};$$

$$r_{ш} = 0,0178 \cdot 10 = 0,178 \text{ МОм}.$$

$r_0, x_0$ - шина кедергілері, мОм/м – Қ11 кестесі бойынша.

4000А-ге QF1 автоматының ағытқышының тоқтық орауышының индуктивті кедергісі:

$$x_{AB1} = 0.05 \text{ мОм.}$$

Бір орамды ТА тоқ трансформаторының бірінші реттік орамының кедергілері ескерілмейді. 11-кестедегі берілгендер бойынша К1 нүктесіндегі қысқаша тұйықталу кезіндегі қорытынды өтпелі кедергі:  $r_{n1} = 5,12 \text{ мОм}$ .

К1 нүктесіне дейінгі қысқаша тұйықталған тізбектің қорытынды кедергісі:

$$r_{\text{резК1}} = r_{mp} + r_{ш} + r_{n1} = 0,64 + 0,178 + 5,12 = 5,9 \text{ мОм}$$

$$x_{\text{резК1}} = x_c + x_{mp} + x_{ш} + x_{AB1} = 2,3 + 3,46 + 1,33 + 0,05 = 7,14 \text{ мОм}$$

Қысқаша тұйықталған тізбектің толық кедергісі:

$$z_{\text{резК1}} = \sqrt{r_{\text{резК1}}^2 + x_{\text{резК1}}^2} = \sqrt{5,92^2 + 7,14^2} = 9,26 \text{ мОм}$$

К1 нүктесіндегі қысқаша тұйықталу тоғының периодты құраушысының бастапқы әрекет етуші мәні:

$$I_{K1}^{//(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 9,26} = 24,9 \approx 25 \text{ kA}$$

К1 нүктесіндегі қысқаша тұйықталудың соққы тоғы:

$$i_{yK1} = k_{yK1} \sqrt{2} \cdot I_{K1}^{//(3)} = 1,074 \sqrt{2} \cdot 25 = 30,6 \text{ kA}$$

мұндағы  $k_{yK1} = 1 + \exp\left(\frac{-0,01}{T_{aK1}}\right) = 1 + \exp\left(\frac{-0,01}{0,00385}\right) = 1,074$ .

К2 нүктесіндегі қысқаша тұйықталу тоғын есептеу.

Қосымша Қ12 кестесі бойынша ШМА73 типті шиналық сымның кедергісі:

$$x_{ш} = 0,017 \cdot 100 = 1,7 \text{ мОм};$$

$$r_{ш} = 0,031 \cdot 100 = 3,1 \text{ мОм.}$$

Қосымша Қ7 кестесі бойынша шиналық сымнан QF2 ажыратқышына дейінгі кабель желісінің кедергісі:

$$x_{кл} = 0,056 \cdot 20 = 1,12 \text{ мОм};$$

$$r_{кл} = 0,256 \cdot 20 = 5,12 \text{ мОм.}$$

Қосымша Қ7 бойынша QF2 автомат ағытқышының тоқтық катушқасының индуктивті кедергісі:  $x_{AB2} = 0,1 \text{ мОм}$ .

$k_{cm} = 3$  саты коэффициентін ескере отырып К2 қысқаша тұйықталу нүктесіндегі қорытынды өтпелі кедергі:



$$r_{n2} = \frac{2,5\sqrt{2500} \cdot 3^3 + 320 \cdot 10}{2500} = 2,63 \text{ мОм.}$$

К2 нүктесіне дейінгі қысқаша тұйықталған тізбектің қорытынды кедергілері:

$$r_{\text{рез}K2} = 5,9 + 3,1 + 5,12 + 2,63 = 16,75 \text{ мОм}$$

$$x_{\text{рез}K1} = 7,14 + 1,7 + 1,12 + 0,1 = 10,06 \text{ мОм}$$

Қысқаша тұйықталған тізбектің толық кедергісі:

$$z_{K2\text{рез}} = \sqrt{r_{\text{рез}K2}^2 + x_{\text{рез}K2}^2} = \sqrt{16,75^2 + 10,06^2} = 19,54 \text{ мОм}$$

К2 нүктесіндегі қысқаша тұйықталу тоғының периодты құраушысының бастапқы мәні:

$$I_{K2}^{//(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 19,54} = 11,8 \text{ кА}$$

К2 нүктесіндегі қысқаша тұйықталудың соққы тоғы:

$$i_{yK1} = k_{yK2} \sqrt{2} \cdot I_{K2}^{//(3)} = 1,005 \sqrt{2} \cdot 11,8 = 16,7 \text{ кА}$$

$$\text{мұндағы } k_{yK2} = 1 + \exp\left(\frac{-0,01}{T_{aK2}}\right) = 1 + \exp\left(\frac{-0,01}{0,0019}\right) = 1,005.$$

$$i_{y\partial K2} = 1,005 \cdot \sqrt{2} \cdot 11,8 = 16,7 \text{ кА}$$

К2 нүктесіндегі екі фазалы қысқаша тұйықталу тоғы:

$$I_{k2}^{(2)} = 0,87 \cdot 11,8 = 10,266 \text{ кА}$$

**Мысал 5.3.** Кернеуі 1000В-тан жоғары желілерде қысқаша тұйықталу тоғын есептеу. Сұлбадағы элементтердің берілгендері 4 суретте көрсетілген. Шешуі: Есептеуді салыстырмалы (базистік) бірлікте жүргіземіз. Трансформаторлар бөлек жұмыс істейді. Әуелік электр тарату желісі бөлек жұмыс істейді. Элементтердің активті кедергілерін ескермейміз.

Базистік қуаты:  $S_6 = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А.}$

Базистік кернеуі:  $U_6 = 10,5 \text{ кВ.}$

Базистік ток:  $I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА.}$

Генератордың салыстырмалы индуктивті кедергісі:

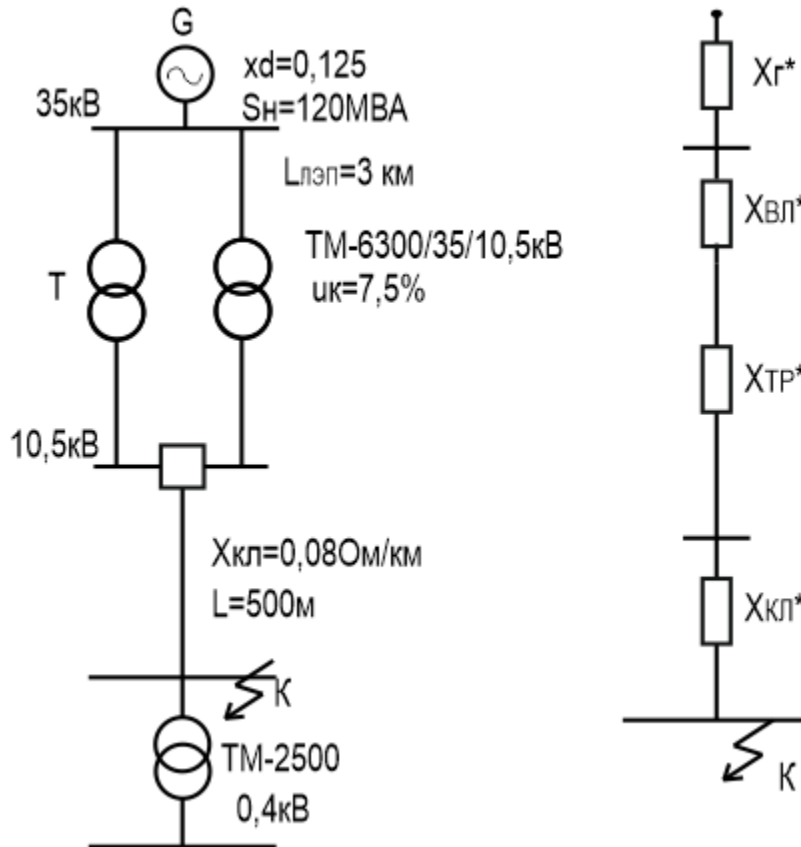
$$x_{m\Gamma*6} = x_d^{//} \cdot \frac{S_6}{S_{н.м\Gamma}} = 0,125 \cdot \frac{100}{120} = 0,104$$

Әуелік желінің салыстырмалы индуктивті кедергісі:

$$x_{\text{ВЛ*б}} = x_0 \cdot l \frac{S_6}{U_6^2} = 0,4 \cdot 3 \frac{100}{37^2} = 0,09$$

Кабель желісінің салыстырмалы индуктивті кедергісі:

$$x_{\text{КЛ*б}} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,08 \cdot 0,5 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,036$$



4 сурет. Қысқаша тұйықталу тоғын есептеудегі есептік сұлба мен алмастыру сұлбасы.

Қысқаша тұйықталу жеріндегі қорытынды кедергі:

$$X_{\text{РЕЗ*б}} = X_{\text{ТР*б}} + X_{\text{ВЛ*б}} + X_{\text{ТР*б}} + X_{\text{КЛ*б}} = 0,104 + 0,09 + 1,2 + 0,036 = 1,43$$

Қысқаша тұйықталу жеріндегі үш фазалы қысқаша тұйықталу тоғы

$$I_k^{(3)} = \frac{I_6}{X_{\text{РЕЗ*б}}} = \frac{5,5}{1,43} = 3,85 \text{ кА.}$$

Қысқаша тұйықталудың соққы тоғы:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_k = 1,8 \cdot 3,85 \cdot \sqrt{2} = 9,76 \text{ кА.}$$

Жылулық импульс:

$$B_k = I_k^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_a) = 9,76^2 \cdot (0,2 + 0,185) = 36,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Енді лездік бірліктегі есептеуді көрсетеміз.

Генератордың индуктивті кедергісі:

$$X_{\Gamma} = 0,125 \cdot \frac{10,5^2}{120} = 0,1150 \text{ м.}$$

Әуелік желінің индуктивті кедергісі:

$$X_{\text{ВЛ}} = X_0 \cdot l = 0,4 \cdot 3 = 1,2 \text{ Ом.}$$

Кабель желісінің индуктивті кедергісі:

$$X_{\text{КЛ}} = 0,08 \cdot 0,5 = 0,04 \text{ Ом.}$$

Трансформатордың индуктивті кедергісі:

$$X_{\text{ТР}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{10,5^2}{6,3} = 1,30 \text{ м.}$$

Қорытынды кедергі:

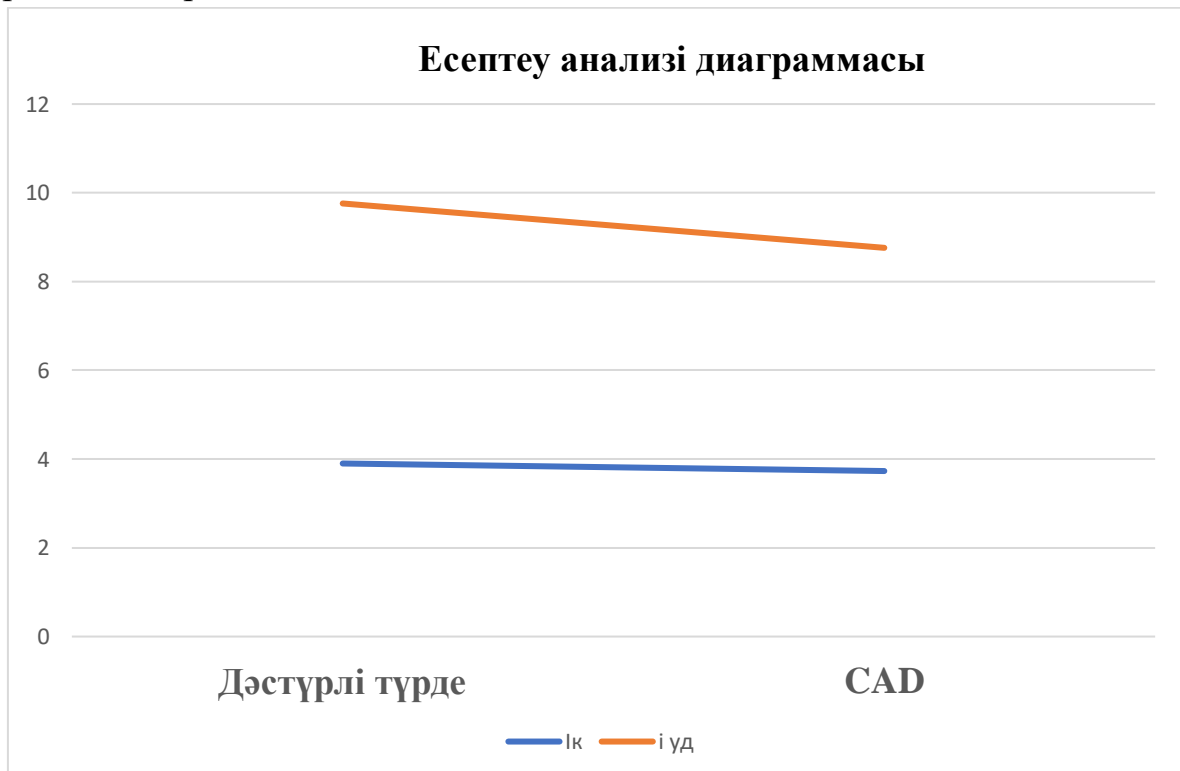
$$X_{\text{РЕЗ}} = 0,115 + 0,096 + 1,3 + 0,04 = 1,546 \text{ Ом.}$$

Қысқаша тұйықталу тоғы:

$$I_k = \frac{E_*^{//} \cdot U_6}{\sqrt{3} \cdot X_{\text{РЕЗ}}} = \frac{1 \cdot 10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,546} = 3,9 \text{ кА.}$$

$E_*^{//} = 1$  – [2] бойынша жоғары өтпелі электр қозғаушы күш (ЭҚК).

Қысқа тұйықталу есептеулері өте күрделі және ұзақ болғандықтан, есептеулерді автоматтандырылған жүйелерде жүргізу ұсынылады. Бұл жағдайда CAD платформасы <https://oncad.ru/kz> қолданылды және нәтижелердің дәлдігін салыстырмалы талдауы көрсетіледі. Салыстыру анализі диаграммада көрсетілген.



## 6 КЕРНЕУІ 0,4 кВ ҚОРҒАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ЭЛЕКТР АППАРАТУРАЛАРЫН ТАҢДАУ

Қалыпты режимде номиналды немесе максималды тоқтары бойынша таңдалған сымдар мен кабелдерде электр қабылдағыштардың асқын жүктемесінен, сондай-ақ бірфазалы және фазааралық қысқаша тұйықталудан рұқсат етілген мәнінен артық жүктеме пайда болады. Сондықтан, электр қабылдағыштар сияқты желілердің учаскелері де қорғаныс аппараттарымен қорғалуы керек: балқығыш сақтандырғыштармен, автоматты ажыратқыштармен, магнитті іске қосқыштармен.

Сақтандырғыштың балқыма қыстырғысын келесі шарттан таңдайды:

$$1) I_{\text{нв}} \geq I_{\text{пуск}}/\alpha \quad (50)$$

мұндағы  $I_{\text{нв}}$  - балқыма қыстырғының номиналды тоғы,

$I_{\text{пуск}}$  - шектік (пиковые) тоққа тең қозғалтқыштын, қабылдағыштың іске қосу тоғы,

$\alpha$  - сақтандырғыштың балқыма қыстырғысының жылулық сипаттамасына және шектік (пиковые) тоқтың жиілігі мен ұзақтығына тәуелді коэффициент (күш желілерің және қалыпты іске қосу шарты 5-10с-тан артық емес жеке электр қозғалтқыштарының тармақтарын қоректендіру үшін  $\alpha=2,5$ ; крандық троллейлерді және ауыр іске қосу шартымен сипатталатын электр қозғалтқыштардың тармақтарын қоректендіру үшін  $\alpha = 1,6 \div 2$ ).

$$2) I_{\text{нв}} \geq I_p \quad (51)$$

мұндағы  $I_p$  - қабылдағыштың жұмысшы тоғы.

Қорғаныс үшін немесе электр қабылдағышын ажыратып-қосу үшін автомат ағытқышының тағайыншамасын келесі шарттан таңдайды:

$$1) I_{\text{нв}} \geq I_p \quad (52)$$

$$2) I_{\text{расц}} \geq \alpha \cdot I_{\text{ном}} \quad (53)$$

мұндағы  $\alpha = 1$  - ұзақтық режим мен қалыпты іске қосу шарттары үшін;

$\alpha=1,5$  - ауыр іске қосу шарты кезінде қозғалтқыштың ұзақтық режимі үшін.

**Мысал 6.1.** Науа (конвейер) үшін (50) және (51) бойынша сақтандырғыш таңдаймыз

$$I_{\text{нв}} \geq 233,33/2,5; I_{\text{нв}} \geq 93,33$$
$$I_{\text{нв}} \geq 31,11$$

Жоғарыда көрсетілген қатынастан К25,26 кесте бойынша балқыма қыстырғысының тоғы 100А болатын ПН2-100 маркалы сақтандырғыш таңдаймыз.

Жарықтандыру үшін (51) ғана қолданамыз

$$I_{\text{нв}} \geq 161,2$$

Балқыма қыстырғысының тоғы 200А болатын ПН2-250 маркалы сақтандырғыш таңдаймыз.

(52) мен (53) бойынша науа үшін автоматты ажыратқышты таңдаймыз

$$I_{\text{нв}} \geq 31,11 \text{ А}$$

$$I_{\text{расц}} \geq 1,5 * 31,11; \quad I_{\text{расц}} \geq 46,66 \text{ А}$$

Жоғарыда көрсетілген қатынастан Қ15-22 кесте бойынша  $I_{\text{ном}}=63 \text{ А}$  және  $I_{\text{расц}}=50 \text{ А}$  болатын АП50Б-3МТ маркалы автоматты таңдаймыз.

Жарықтандыру үшін жоғарыда көрсетілгенге ұқсас ажыратып- қосу үшін автомат ағытқышының тағайыншамасы анықталады

$$I_a \geq 1,2 * 161,2; \quad I_a \geq 193,44 \text{ А}$$

$I_a = 400\text{А}$  және  $I_{\text{расц}} = 200\text{А}$  болатын АВМ4Н типті автоматты таңдаймыз.

Келтірілген мысалға ұқсас келесі есептеулер 14-кестеде енгізілген.

Қорғаныс ретінде магистралды шиналық сымдар үшін автоматты ажыратқыштар қолданылады, өйткені; олар арқылы өтетін тоқтар үшін сақтандырғыштар жоқ.

Таңдау келесі шарт бойынша орындалады

$$I_a \geq 1,2 * I_{\text{пик}}, \quad (54)$$

мұндағы  $I_a$  – автоматты ажыратқыштың номиналды тоғы,

$I_{\text{пик}}$  – шиналық сым арқылы өтетін шектік тоқ.

$$I_{\text{пик}} = \sum I_p + (I_{\text{пуск}} - I_{\text{ном}}), \quad (55)$$

мұндағы  $\sum I_p$  - осы шиналық сымға қосылған барлық электр қабылдағыштардың тоқтарының қосындысы,

$I_{\text{пуск}}$  - қуаты ең үлкен қозғалтқыштың іске қосу тоғы,

$I_{\text{ном}}$  - қуаты ең үлкен қозғалтқыштың номиналды тоғы.

Шиналық сымның 1-секциясы үшін:

$$\sum I_p = 305,8 + 77,4 + 53,2 + 109,5 + 584,5 + 1200,8 = 2331,2 \text{ А}$$

Қуаты ең үлкен қозғалтқыш - сорап,  $P=75 \text{ кВт}$ ,  $I_{\text{пуск}}=1125,75\text{А}$ ;  $I_{\text{ном}}=150,1\text{А}$ .

(55) бойынша шектік тоқты табамыз

$$I_{\text{пик}} = 2331,2 + (1125,75 - 150,1) = 3306,85 \text{ А} \quad (56)$$

(54) бойынша автоматты ажыратқышты таңдаймыз

$$I_a \geq 1,2 * 3306,85 \text{ А}$$

$$I_a \geq 3968,22 \text{ А}$$

Қ16 кестеден «Электрон» сериялы  $I_{\text{ном}}=4000\text{А}$  болатын ЭО25С типті автоматты таңдаймыз.

Шиналық сымның 2-секциясы үшін есептеулер ұқсас жүргізіледі және Қ16 кестеден сол сериядан, бірақ  $I_{ном} = 5000\text{А}$  болатын ЭО40В типті автоматты ажыратқышты таңдаймыз. Осы есептеулерден  $P = 90\text{кВт}$ ;  $I_{раб} = 201,9\text{А}$ ;  $I_{пуск} = 1514,25\text{А}$  болып табылатын негізгі қондырғы желдеткіші алынады.

### 6.1. Тандалған өткізгіштерді тексеру

Келесі шарттар бойынша күштік тізбектер үшін өткізгіштерді тексереді

1) күштік тізбектер үшін

$$I_{нв} \leq 3 * I_{пр}, \quad (57)$$

мұндағы  $I_{пр}$  - өткізгіштің рұқсат етілген ұзақтық тоғы.

2)

$$I_{расц} \leq 4,5 * I_{пр} \quad (58)$$

**Мысал 6.2.** 6.1-мысалындағы шарттар бойынша цехтік электр қабылдағыштары үшін тандалған өткізгіштерге тексеру жасайық. Науаның күштік тізбегі үшін

1) (57) бойынша  $100 \leq 3 * 35$ ;  $100 \leq 105$

2) (58) бойынша  $50 \leq 4,5 * 35$ ;  $50 \leq 157,5 \text{ А}$

шарты орындалады, демек таңдау дұрыс жасалынған, яғни, жоғарыда көрсетілген өткізгіштер мен қорғаныс құрылғыларын қолданамыз.

Келтірілген мысалға ұқсас келесі есептеулер 14-кестеге енгізілген.

2) магистралды шиналық сымдарды тексеру шарты

$$I_a \leq 4,5 I_{пр} \quad (59)$$

мұндағы  $I_a$  - автоматтың номиналды тоғы.

14-кесте. Қорғанысты таңдау және өткізгіштерді таңдау шарттарын тексеру

Қабылдағыштың аты	Сақтандырғыш түрі	Автомат түрі	$I_{нв}, \text{А}$	$I_{пр}, \text{А}$	Автоматтың $I_{расц}, \text{А}$
Науа	ПН2-100	АП50Б-3МТ-63	100	35	50
Элеватор	ПН2-100	Э06М	100	35	50
Қоректендіргіш	НПН2-63		16	35	10
Кептіргіш агрегат	НПН2-63		25	35	16
Элеватор	НПН2-63		6	35	4
Таль	ПН2-100		80	35	40
Кран	ПП17-1000	Э06М	800	300	250
Кран					250
Кран					600
Сорап	ПН2-400	Э06М	400	145	250
Сорап	ПН2-630		630	215	250
Вибратор	НПН2-63	АП50Б-3МТ-63	20	35	10

Шығыр	ПН2-250	А3710Б	100	80	160
Желдеткіш	ПН2-630		400	145	160
Желдеткіш	ПН2-630	А3720Б	630	215	250
Бетонараластырғыш	ПН2-630	Э06М	500	260	250
Түтінсорғыш 6 кВ	-	-	-	-	-
Шнек	ПН2-100	АП50Б-3МТ-63	63	35	40
Жылыту агрегаты	ПН2-100		50	35	25
Жарықтандыру	ПН2-250	АВМ4Н-400	200	185	200

(59) бойынша шиналық сымның 1-секциясы үшін  
 $4000 \leq 4,5 * 1900$

шарты орындалады.

(59) бойынша шиналық сымның 2-секциясы үшін  
 $5000 \leq 4,5 * 1900$

шарты орындалады.

## 7 ЖОҒАРҒЫ КЕРНЕУЛІ ҚОРЕКТЕНДІРУШІ ЖӘНЕ ТАРАТУШЫ ЖЕЛІЛЕРДІ ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ТАҢДАУ

Жоғарғы кернеудегі цехтік желілердің өткізгіштерінің қимасын келесі шарттар бойынша таңдайды:

- 1) жүктеме тоғымен қыздыру шарты бойынша;
- 2) қ.т. тоғы мен асқын жүктемеден қорғау шарттары бойынша;
- 3) механикалық беріктігі шарты бойынша.

Таңдалған өткізгіштердің қимасын келесідей тексереді:

- 1) рұқсат етілген кернеу шығыны бойынша;
- 2) тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша.

1) өткізгіштің қимасын қыздыру шарты бойынша таңдау берілген жұмыстың 6.1-мысалына ұқсас жүргізіледі.

2) қыздыру шартынан келесі шарт орындалатындай етіп, қосымша кестелерден желінің рұқсат етілген минималды қимасын таңдаймыз

$$I_p \leq I_{дл.лоп} , \quad (60)$$

мұндағы  $I_{дл.лоп}$  – анықтамада берілген сым, кабель немесе шина қимасының рұқсат етілген жүктеме тоғы.

**Мысал 7.1.** Түтінсорғыш үшін қыздыру шарты бойынша өткізгіштер таңдайық.

- 1) (33) бойынша кернеуі 6кВ қозғалтқыш үшін жұмысшы тоғы

$$I_p = 1000 / (1,7 * 6 * 0,95 * 0,85) = 121,41 \text{ А}$$

2) Таратушы құрылғысының 6кВ шинадан қозғалтқышқа дейін Қ4-8 кестеден қимасы 50мм<sup>2</sup> құбырдан өтетін және  $I_{дл.лоп} = 135 \text{ А}$  үш талшықты мыс АПРТО маркалы кабель таңдаймыз.

(50) және (51) шарттарынан сақтандырғыштың балқыма қыстырғысын таңдаймыз

1) (50) шарт бойынша

$$I_{\text{НВ}} \geq 752,68/2,5$$

$$I_{\text{НВ}} \geq 301,072 \text{ A}$$

2) (51) шарт бойынша

$$I_{\text{НВ}} \geq 121,4 \text{ A}$$

Жоғарыда келтірілген шарттардан Қ25, 26 кестеден  $I_{\text{НВ}} = 315 \text{ A}$  ПКТ- 104-6-315 -20У3 маркалы сақтандырғыш таңдаймыз.

(54) шарт бойынша түтінсорғыштың ажыратқышын қосу үшін ажыратқыш таңдаймыз

$$I_a \geq 1,2 * 752,68$$

$$I_a \geq 903,22 \text{ A}$$

Берілген шартқа Қ16 кестеден  $I_{\text{НОМ}} = 1600 \text{ A}$  болатын ВЭ-6- 40/1600У3(Т3) ажыратқышы сәйкес келеді.

(57) шарт бойынша күштік тізбектер үшін өткізгіштерді тексереді

$$315 \leq 3 * 135$$

$$315 \leq 405$$

шарт орындалады, яғни, жоғарыда көрсетілген кабельдер мен сақтандырғыштардың тағайыншамасын қолданамыз.

Кернеуі 6кВ таратушы құрылғысынан қажетті электр энергиясын тарату үшін қолданылатын шиналар 0,4кВ шиналарға сияқты автоматты түрде резерв қосылғанда (АВР) жүктеменің толық отуін қамтамасыз етуі керек. Трансформаторлар олардың біреуінің істен шығу шарты бойынша таңдалғандықтан, таңдаған кезде олардың қуаттары ескерілген. Таратушы құрылғысының шинасын келесі формула бойынша таңдаймыз

$$I_p = \frac{S_{mp}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}},$$

$$I_p = 2500 / (1,73 * 6) = 245 \text{ A}$$

Қосымша Қ10 кестеден өлшемі  $20 \times 3 \text{ мм}^2$ ,  $I_{\text{НОМ}} = 275 \text{ A}$  болатын ШМА маркалы шинаны таңдаймыз.

**Мысал 7.2.** Кернеуі 6кВ цехтық трансформатор жағындағы кабелді таңдау.

Номинал қуаты  $S_{\text{НОМ}} = 2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  трансформатор.

Есептеу тоғын табамыз:

$$I_p = \frac{S_{mp}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 6} = 270,8 \text{ A}$$



Есептеу тоғы бойынша ААШВ маркалы кабель таңдаймыз: 3\*240,  $I_{дл.лоп} = 90A, 290A > 270,8A$ .

Тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша:

$$S_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}},$$

мұндағы  $j_{эк}$  – Қ34 кестеден алынған тоқтың экономикалық тығыздығы,  $A/mm^2$

$$S_{эк} = \frac{270,8}{1,2} = 225,6 mm^2$$

Қимасы 3\*240  $mm^2$  болатын кабель таңдаймыз.

Термиялық төзімділік бойынша тексеру:

$$S_m = \alpha \cdot I_{кз} \cdot \sqrt{t_n},$$

мұндағы  $\alpha$  – термиялық коэффициент - мыс талшық үшін  $\alpha = 7$ ; алюминий талшық үшін  $\alpha = 12$ ;

$t_n$  - к.т.-дың келтірілген уақыты,  $t_n = 0,25c$ .

$$S_m = 12 \cdot 3,85 \cdot \sqrt{0,25} = 23,1 mm^2$$

Кернеу шығыны бойынша тексеру:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta U},$$

мұндағы  $\Delta U$  - қосымша кернеу шығыны, 5%;

$\gamma$  - меншікті өткізгіштігі,  $m/(mm^2 \cdot Om)$ .

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 270,8 \cdot 300 \cdot 0,8}{32 \cdot 300} = 11,7 mm^2$$

Қорытындылай келе, ТМ-2500 трансформаторы үшін қимасы 3\*240 $mm^2$  болатын ААШВ маркалы кабель таңдаймыз.

## **8 КЕРНЕУІ 1000 В-тан ЖОҒАРЫ ЭЛЕКТР АППАРАТУРАЛАРЫН ТАҢДАУ**

Трансформаторлық қосалқы станциясының қалыпты жұмысы кезінде, оны жөндеу және оған қызмет көрсету үшін, қосуды және ажыратуды жасау үшін, сондай-ақ кездейсоқ режимнен тоқөткізгіш бөліктері мен тұтынушылардың аппараттарын қорғау үшін әртүрлі коммутациялық аппараттар қолданылады. Ол аппараттар қалыпты режимі және қ.т. режимі үшін есептелетін максималды есептік шамаларға сәйкес таңдалуы керек. Оларды таңдау үшін көрсетілген есептік шамаларды тоқөткізгіш бөлшектері мен жоғары кернеулі жабдықтар үшін рұқсат етілген мәндерімен салыстырады.

**Мысал 8.** Алдыңғы мысалдарда 1кВ-қа дейінгі барлық тоқөткізгіш бөлшектер мен коммутациялық және қорғаныс аппараттары таңдалған болса, бұл мысалда трансформатордың жоғарғы және төменгі кернеу жақтарындағы қорғаныс үшін есептеулер келтіріледі.

ТМ-2500 трансформаторының 6кВ жағында коммутациясы үшін вакуумды ажыратқыштар немесе сақтандырғыш пен айырғыш қолданылады. 5.1-мысалы бойынша 6кВ жағындағы қ.т. тоқтары белгілі болғандықтан, Қ15 кестеден қорғаныс үшін ажыратқышты орнатамыз. Таңдау шарты және олардың сәйкестігі 15-кестеде көрсетілген.

15-кесте. ВВ/TEL-10-630/12,5 ажыратқышын таңдау

Шама-шарттар	Белгілуі	Формула	Есептеу
Номиналды кернеу	$U_{\text{ном.}}$ , кВ	$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.у}}$	$10 \geq 6$
Номиналды ұзақтық тоғы	$I_{\text{ном.}}$ , А	$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{р.у.}}$	$630 \geq 241$
Номиналды сөндіру тоғы	$I_{\text{откл.}}$ , кА	$I_{\text{откл.}} \geq I_{\text{к.з.}}$	$12,5 \geq 3,85$
Термиялық төзімділік тоғы	$I_{\text{терм.}}$ , $\text{kA}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм.}} \geq B_{\text{к}}$	$312 \geq 36,7$
Рұқсат етілген қ.т. соққы тоғы	$i_{\text{н.дин.}}$ , кА	$I_{\text{н.дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$	$20 \geq 9,76$

Ажыратқыш барлық шарттарды қанағаттандырады, сондықтан оны қолданамыз.

Қосымша Қ35 кестеден айырғышты таңдау сөндіру қабілеттілігі шартына тексерілмейді. Таңдау 16-кестеде көрсетілген.

16-кесте. РВФЗ-6/600 П-ПУЗ айырғышын таңдау

Шама-шарттар	Белгіленуі	Формула	Есептеу
Номиналды кернеу, кВ	$U_{\text{ном.А}}$	$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.у}}$	$6 \geq 6$
Номиналды ұзақтық тоқ, А	$I_{\text{ном.А}}$	$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{р.у.}}$	$600 \geq 241$
Рұқсат етілген қ.т.-дың соққы тоғы, кА	$i_{\text{ном.дин}}$	$i_{\text{ном.дин}} \geq i_{\text{уд.}}$	$220 \geq 9,76$
Рұқсат етілген қ.т.-дың термиялық тоғы, $\text{kA}^2 \cdot \text{с}$	$i_{\text{ном.терм}}$	$I_{\text{ном.терм}} \geq i_{\text{уд.}}$	$220 \geq 36,7$

Айырғыш барлық шарттарды қанағаттандырады, сондықтан оны қолданамыз.

Біреуі істен шыққанда секцияларды бір трансформаторға қосу үшін секциондық ажыратқыш қолданылады, ол 15-кестедегідей таңдалады. Цехтың

барлық жүктеме тоқтарының өтуін ескере отырып, 17-кестеде таңдау жасалынған.

17-кесте. ВВ/TEL-10-1000/20 ажыратқышын таңдау

Шама-шарттар	Белгіленуі	Формула	Есептеу
Номиналды кернеу, кВ	$U_{\text{ном.А}}$	$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.у}}$	$10 \geq 6$
Номиналды ұзақтық ток, А	$I_{\text{ном.А}}$	$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{р.у.}}$	$1000 \geq 482$
Номиналды сөндіру тоғы, кА	$I_{\text{откл}}$	$I_{\text{откл}} \geq I_{\text{к.з.}}$	$20 \geq 3,96$
Рұқсат етілген қ.т.-дың соққы тоғы, кА	$i_{\text{ном.дин}}$	$i_{\text{ном.дин}} \geq i_{\text{уд.}}$	$32 \geq 10$
Рұқсат етілген қ.т.-дың термиялық тоғы, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$i_{\text{ном.терм}}$	$I_{\text{ном.терм}} \geq i_{\text{уд.}}$	$800 \geq 58$

Трансформаторлардағы ажыратқыш пен айырғыш үлкен қормен таңдалғандықтан, оларды секциялық коммутациялық аппараттар ретінде орнатуға сәйкес келеді.

Төменгі жақта секциялау үшін таңдалуы 18-кестеде көрсетілген айырғышты қолданайық.

18-кесте. РЕ13-47 айырғышын таңдау

Шама-шарттар	Белгіленуі	Формула	Есептеу
Номиналды кернеу, кВ	$U_{\text{ном.А}}$	$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.у}}$	$0,66 \geq 0,4$
Номиналды ұзақтық ток, А	$I_{\text{ном.А}}$	$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{к.з.}}$	$4000 \geq 3613$
Рұқсат етілген қ.т.-дың соққы тоғы, кА	$i_{\text{ном.дин}}$	$i_{\text{ном.дин}} \geq i_{\text{уд.}}$	$160 \geq 30,6$

Төменгі кернеу жағындағы трансформаторды қорғау үшін таңдалуы 19-кестеде көрсетілген автоматты ажыратқышты қолданамыз.

19-кесте. ЭО25С автоматты ажыратқышты таңдау.

Шама-шарттар	Белгіленуі	Формула	Есептеу
Номиналды кернеу, кВ	$U_{\text{ном.А}}$	$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.у}}$	$0,4=0,4$
Номиналды ұзақтық ток, А	$I_{\text{ном.А}}$	$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{р.у.}}$	$4000 \geq 3613$
Номиналды сөндіру тоғы, кА	$I_{\text{откл}}$	$I_{\text{ном.откл}} \geq I_{\text{к.з.}}$	$65 \geq 25$
Рұқсат етілген қ.т.-дың соққы тоғы, кА	$i_{\text{ном.дин}}$	$i_{\text{ном.дин}} \geq i_{\text{уд.}}$	$163,8 \geq 30,6$

## 9 ЖЕРГЕ ҚОСАТЫН ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫ ЕСЕПТЕУ

Электр қондырғыларына қызмет көрсеткенде кернеу астында болатын оқшауланбаған тоқжүргізетін бөлшектер қауіп төндіреді, сонымен қатар қалыпты жағдайда кернеу астында болмайтын, бірақ оқшауламасы зақымданған кезде кернеу астында бола алатын электр жабдықтарының құрылыстық бөлшектері де қауіп төндіреді.

Оқшаулама зақымданған кезде адамдарды электр тоғынан қорғау үшін келесідей қорғаныстық шаралар қолданылады: жерге қосу, нөлдеу, қорғаныстық сөндіру, бөлгіш трансформатор, қосақлы оқшаулама және т.с.с.

Қорғаныстық жерге қосу - электрлік қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін электр қондырғының бір бөлшегінің жерге қосатын құрылғымен электрлік жалғануы. Қорғаныстық жерге қосудың мақсаты қадам кернеуінің және жанасу кернеуінің шамасын қауіпсіз мәніне дейін азайту.

Жоғарыда көрсетілген қорғаныс шараларынан ең тиімдісі жерге қосу, себебі, аз шығындар кезінде және сөндірулерсіз адамның қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіншілік береді.

Жерге қосатын құрылғы жерге қосқыштан және жерге қосатын өткізгіштерден тұрады. Табиғи жерге қосқыштар ретінде жерде төселген ғимараттардың металл конструкциялары, құбырөткізгіштері және кабелдердің металл қабығы пайдаланылады. Егер табиғи жерге қосқыштар жеткіліксіз болса, онда жасанды жерге қосқыштар қолданылады: құбырлардан жасалған жерге тереңдетілген тік электродтар, бұрыштар немесе болат шыбық.

Қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін жерге қосудың шамасы электр қондырғыларын құру ережелері ЭҚКЕ (ПУЭ) бойынша нормаланады. Жерге қосатын құрылғыларды келесі түрде есептейді:

1. ЭҚКЕ-ге сәйкес жерге қосатын құрылғының рұқсат етілген кедергісін  $R_3$ , анықтайды.
2. Табиғи жерге қосқыштың шамасын анықтайды.
3. Ауданды ескере отырып, алдын-ала жерге қосқыштардың орналасуын анықтайды - қатармен, контур бойынша және оның жалпы ұзындығын.
4. Көлденең және тік электродтар үшін жоғарылатқыш коэффициентті ескере отырып, топырақтың есептік меншікті кедергісін анықтайды. Жоғарылатқыш коэффициенті жазда топырақтың кебуін, қыста топырақтың қатуын ескереді.
5. Параллель қосылған табиғи жерге қосқышты ескере отырып жасанды жерге қосқыштың қажетті кедергісін анықтайды

$$R_u = R_e \cdot R_3 / (R_e - R_3) \quad (61)$$

мұндағы  $R_3$  - жерге қосатын құрылғының кедергісі, Ом;

$R_u$  - жасанды жерге қосқыштың кедергісі, Ом;

$R_e$  - табиғи жерге қосқыштың кедергісі, Ом; Ом.

6. Жасанды жерге қосқыштың керекті түрі және оның шама-шарты қабылданады. Жасанды жерге қосқыштың кедергісі келесі формула арқылы анықталады

$$R_{пр} = 0,0027 \cdot \gamma \cdot \psi \quad (62)$$

мұндағы  $R_{пр}$  - жасанды жерге қосқыш элементінің кедергісі, Ом;

$\gamma$  - топырақтың есептік меншікті кедергісі, Ом\*см;

$\psi$  - кедергінің жоғарлатқыш коэффициенті.

7. Жасанды жерге қосқыш элементтерінің саны келесі формула арқылы есептелінеді

$$n = R_{пр}/L \quad (63)$$

мұндағы  $n$  - жерге қосқыштың ұзындығы, м;

$L$  - жердегі элементтердің ара қашықтығы, м.

8. Экрандау коэффициенті анықталады.

9. Жерге қосатын құрылғының кедергісі келесі формула арқылы есептелінеді

$$R_u^I = R_{пр}/n \cdot K_{эк} \quad (64)$$

мұндағы  $R_u^I$  - жерге қосатын құрылғының есептік шамасы, Ом;

$K_{эк}$  - экрандау коэффициенті.

10. Кедергінің есептік мәні мен шектік мәні салыстырылады

$$R_u^I < R_u, \quad (65)$$

Егер ол орындалса, онда жерге қосу элементтерінің саны дұрыс таңдалған.

**Мысал 9.** Балқыту цехы үшін жерге қосатын құрылғыны есептейміз.

1. [10]-ға сәйкес тікелей жерге қосылған бейтараптама кернеуі 1кВ-қа дейінгі электр қондырғылары үшін кедергінің мәні 4Ом-нан аспауы керек, жерге тұйықталу тоқтары аз кернеуі 1кВ-тан жоғары электр қондырғылары үшін жерге қосқыштың кедергісі 10Ом-нан жоғары болмауы керек. Бірінші талап негізгісі болып табылады.

2. Қосалқы станция кернеуі 6кВ екі кабельмен қоректенеді деп аламыз. Кабелдер қабығының кедергілері 5,65Ом-ға тең.

3. Жерге қосу ауданы 17351,13 м<sup>2</sup> цехтың периметрі бойынша төселген. Оған цехтық трансформаторлық қосалқы станцияның ауданы қосылған.

Цехтың ауданы ондірістік алаңының бірлігіне меншікті жүктеме әдісі бойынша анықталған

$$P_p = P_{уд} \cdot F, \quad (66)$$

мұндағы  $P_p$  - цехтың есептік жүктемесі (біздің жағдайда - 3981,1кВт),

$P_{уд}$  - өндіріс алаңының 1м -на меншікті есептік қуаты,

$F$  - цехтың ауданы, м<sup>2</sup>.

Меншікті қуат (10) бойынша анықталады, ол 230Вт/м -қа тең. Осыдан цехтың ауданын келесі формула арқылы анықтаймыз

$$F = P_p/P_{уд}) = 3981,1/0,23 = 17309,13 \text{ м}^2 + 42 \text{ м}^2$$

$$F_{тп} = 17351,13 \text{ м}^2.$$

Цехтық трансформаторлық қосалқы станцияның ауданы  $F_{тп} = 42 \text{ м}^2$ .

Табылған ауданнан цехтың ұзындығын 247,17м, енін 70,2м, периметрін 638,74м-ге тең етіп аламыз.

4. Топырақтың меншікті кедергісін Қ33 бойынша анықтаймыз, онда кәсіпорын топырақтың меншікті кедергісі 20000 Ом·см қара топырақта орналасқан деп аламыз.

5. Параллель қосылған табиғи жерге қосқышты ескере отырып жасанды жерге қосқыштын қажетті кедергісін (61) бойынша анықтаймыз

$$R_u = 5,65 * 4 / (5,65 - 4) = 13,5 \text{ Ом}.$$

6. Жасанды жерге қосқыштар үшін диаметрі 12мм, ұзындығы 5м шыбық электродты таңдаймыз, кедергілері (62) бойынша анықталады

$$R_{пр} = 0,0027 * 20000 * 1,5 = 68 \text{ Ом}$$

мұндағы  $\psi = 1,5$  - кедергінің жоғарылатқыш коэффициенті, қосымшаның Қ30-кестесінен анықталады.

7. Жасанды жерге қосқыш элементтерінің саны (63) бойынша анықталады

$$n = 634,74/5 = 127 \text{ дана}$$

8. Экрандау коэффициенті Қ31 кестесі бойынша  $K_{эк} = 0,31$ .

9. Жерге қосатын құрылғының кедергісі (64) формула бойынша анықталады.

$$R'_u = 68 / (127 * 0,31) = 1,73 \text{ Ом}$$

10. Кедергінің есептік мәні мен шектік мәні (65) формула бойынша салыстырылады

$$R'_u < R_u; 1,73 < 13,5$$

шарты орындалады, жерге қосу элементтерінің саны дұрыс таңдалған.

## СӨЗДІК

Автоматты ажыратқыш	- автоматический выключатель
Айырғыш	- разъединитель
Ағытқыш	- расцепитель
Ажарлау станогы	- шлифовальный станок
Аралық қосқыш	- перемычка
Асқын жүктемелерден қорғау	- защита от перегрузки
<b>Б</b>	
Бас төмендеткіш қосалқы станция	- главная понизительная подстанция
Бетонараластырғыш	- бетоносмеситель
Біржелілі сызба	- однолинейная схема
Бөлгіш трансформатор	- разделительный трансформатор
<b>Г</b>	
Газдар-тотықтырғыштар	- газы окислители
<b>Е</b>	
Есептік ток	- расчетный ток
<b>Ж</b>	
Жанасу кернеуі	- напряжение прикосновения
Жарықтандыру	- освещение
Жасанды жерге қосқыштар	- искусственные заземлители
Желдеткіш	- вентилятор
Жерге қосатын құрылғы	- заземляющее устройство
Жерге қосатын өткізгіштер	- заземляющие проводники
Жерге қосқыштар	- заземлители
Жерге қосу	- заземление
Жоғарлатқыш коэффициент	- повышающий коэффициент
Жұмысшы ток	- рабочий ток
Жүктелу коэффициенті	- коэффициент загрузки
Жылулық импульс	- тепловой импульс
Жылыту агрегаты	- отопительный агрегат
<b>К</b>	
Кабельдің металл қабығы	- металлическая оболочка кабеля
Кептіргіш агрегат	- сушильный агрегат
Комплектілі трансформаторлық қосалқы станция	- комплектная трансформаторная подстанция
Конденсаторлық батарея	- конденсаторная батарея
Көп қозғалтқышты жетектер	- многодвигательные приводы
Күштік тізбектер	- силовые цепи
<b>Қ</b>	

Қадам кернеуі	-	напряжение шага
Қайталамалы-қысқа мезімді режим	-	повторно-кратковременный режим
Қайрағыш станок заточный станок	-	заточный станок
Қорғаныстық сөндіру	-	защитное отключение
Қоректендіргіш	-	питатель
Қосарлы оқшаулама	-	двойная изоляция
Қ.т. -дың саты коэффициенті	-	коэффициент ступени к.з.
Қыздыру шарты	-	условие нагрева
Құбыр	-	труба
құбырөткізгіштік	-	трубопровод
Құрама шиналар	-	сборные шины
Қуат шығыны	-	потери мощности
<b>М</b>		
Механикалық беріктік	-	механическая прочность
Мінездемелік пайдалану коэффициенті	-	характерный коэффициент использования
<b>Н</b>		
Нөлдеу	-	зануление
<b>О</b>		
Озық тоқты	-	с опережающим током
Оқшаулама	-	изоляция
Оқшаулатқыш	-	изолятор
Орныққан қуат	-	установленная мощность
<b>Ө</b>		
Өткізгіш	-	проводник
Өтімділік	-	проницаемость
Өшу коэффициенті	-	коэффициент затухания
<b>Р</b>		
Радиалды-бұрғылайтын станок	-	радиально-сверлильный станок
Резервтеу	-	резервирование
Резервті автоматты қосу	-	автоматическое включение резерва
Реттелген диаграммалар әдісі	-	метод упорядоченных диаграмм
Рұқсат етілген кернеу шығыны	-	допустимая потеря напряжения
Рұқсат етілген ұзақтық ток	-	длительно-допустимый ток
<b>С</b>		
Сақтандырғыштың балқыма қыстырғысы	-	плавкая вставка предохранителя
Сорап	-	насос
Сұраныс коэффициенті	-	коэффициент спроса
Сүргілейтін станок	-	строгальный станок



Табиғи жерге қосқыштар	- естественные заземлители
Тағайыншама тоғы	- ток уставки
Таратушы құрылғысы	- распределительное устройство
Таратушы магистралдар	- распределительные магистрали
Терең кірмелі қосалқы станция	- подстанция глубокого ввода
Термиялық төзімділік	- термическая стойкость
Токарь станогы	- токарный станок
Тоқтың экономикалық тығыздығы	- экономическая плотность тока
Тұтынушы	- потребитель
Тікелей жерге қосылған бейтараптама	- глухозаземленная нейтраль
Тұтынсорғыш	- дымосос
	<b>Ұ</b>
Ұзақтық режим	- длительный режим
	<b>Ш</b>
Шектік ток	- пиковый ток
Шиналық құрастырма	- шинная сборка
Шоғырланған жүктеме	- сосредоточенная нагрузка
	<b>Э</b>
Экрандау коэффициенті	- коэффициент экранирования
Электр қабылдағыштар	- электроприемники
Электр қабылдағыштардың тиімді саны	- эффективное число электроприемников
Электр қозғалтқыш	- электродвигатель
Электрлік желі	- электрическая сеть
Электр тарату желісі	- линия электропередачи
	<b>Ф</b>
Фрезер станогы	- фрезерный станок

## ГЛОССАРИЙ

**Автотрансформатор** – екі немесе одан да көп орамалары ортақ бөліктен тұратындай етіп гальвандық байланысқан трансформатор.

**Асинхронды қозғалтқыш** – қозғалтқыш режимінде жұмыс істейтін асинхронды машина.

**Асинхронды машина** – роторының айналу жиілігінің машинаға қосылған тізбектегі тоқтың жиілігіне қатынасы жүктемеге тәуелді болатын коллекторсыз айнымалы тоқ машинасы.

**Аудандық желілер** – олар үлкен ауқымды райондарды қамтиды, электр жүйесіндегі станцияларды бір бірімен және тұтынушылар орталықтарымен жалғайды. Бұл желілердегі кернеу 110 кВ және одан жоғары болуы мүмкін.

**Генератор** – механикалық энергияны электр энергиясына түрлендіргіш машина.

**Екі фазалық қысқа тұйықталу** – үш фазалы электр энергетика жүйесіндегі екі фазасының бір-бірімен қысқа тұйықталуы.

**Жергілікті желілер** – олар кернеуі 35 кВ дейінгі, радиусы 15-30 км арақашықтықтан аспайтын, жүктеме тығыздығы аз кішігірім аудандарға қызмет көрсетеді.

**Күштік трансформатор** – электр желілерінде электр энергиясын қабылдап, пайдалануға арналған қондырғыларда электр энергиясын түрлендіруге арналған трансформатор.

**Қозғалтқыш** – электр энергиясын механикалық энергияға түрлендіретін машина.

**Қуат коэффициенті** – активті қуаттың толық қуатқа қатынасы.

**Қысқа тұйықталу** – 1. Жүйенің қалыпты жұмыс жағдайларында қарастырылмаған, фазалар оқшалаумасының бұзылу салдарынан фазалар арасындағы немесе фазалар мен жер арасындағы қосылыс. 2. Электр тізбегінің әртүрлі кернеулер түсіп тұрған бір немесе бірнеше нүктелерінің салыстырмалы аз кедергі арқылы кездейсоқ немесе әдейі жалғануы.

**Өлшеуіштік трансформатор** – ақпараттық сигналдарды өлшеуіш аспаптарға, қорғаныс құрылғыларына және басқару құрылғыларына беруге арналған трансформатор.

**Пайдалы әсер коэффициенті** – пайдалы қуаттың толық қуатқа қатынасы, әдетте, шығарылған қуаттың алынған қуатқа қатынасы.

**Синхронды генератор** – генератор режимінде жұмыс істейтін синхронды машина.

**Сипаттама** – құрылғы жұмысын сипаттайтын екі немесе бірнеше шамалардың арасындағы қатынас.

**Тарату желісі** – тоқ көзінен электр энергиясын тікелей және трансформаторларға немесе тұтынушының қосалқы станцияларына жеткізетін желіні айтады.

**Трансформатор** – электр энергиясының жиілігін өзгертпей беруге арналған, оның статикалық түрлендіргіші.

**Трансформаторлы қосалқы станция** – бір кернеулі электр энергиясын екінші кернеулі электр энергиясына трансформатор арқылы түрлендіруге арналған электрлі қосалқы станция.

**Үш фазалы қысқа тұйықталу** – үш фазалы электр жүйесіндегі үш фаза арасындағы қысқа тұйықталу.

**Электр желілері** – дегеніміз электр жүйесінің бір бөлігі, құрамына қосалқы станциялар және әртүрлі кернеулі кабель және әуе сымдар кіреді.

**Электр қозғалтқышы** – электр энергиясын механикалық энергияға түрлендіретін машинасы.

**Электр қозғаушы күш** – сырттық бөгде өрістің және индукцияланған электр өрісінің электр тогын тудыру қабілетін сипаттайтын скалярлық шама.

**Электр машинасы** – электр энергиясын механикалық энергиясына және керісінше түрлендіретін электрлік түрлендіргіш.

**Электрэнергетика жүйелері** – бұл электрэнергетика станциялары, подстанциялардың және электрэнергетика энергия тұтынушылардың электрэнергетика беру желілері арқылы өзара қосындысы.

**Электрэнергетика тораптары** – бұл электрэнергетика беру жүйелерінен подстанцияның байланысының қосындысы, электрэнергетика станция жағынан қалай болса, және электрэнергетика энергия тұтынушыларында да солай болады.

**Электрэнергетикалық станция** – энергияны түрлендіруге (судан, мазуттан, газ, көмірден және т.б.) табиғи түрінен электрэнергетикалік және жылу энергиясына түрлендіруге қолданылады.

**Энергетикалық жүйе** - өз арасында электрмен және жылу тараптарымен байланысты, электрэнергетика энергиямен жылудың бөлінуі мен тұтынушының қосымын орнатады.

## ҚОСЫМШАЛАР

Қ1 - Күштік қондырғылардың тұтынатын қуаттарын анықтау үшін пайдалану  $k_n$  және сұраныс коэффициенттері  $k_c$

Электр қабылдағыштар топтары	Қондырғылар	$k_n$	$\cos\phi$	$\text{tg}\phi$	$k_c$
Толық жүктемемен және үзіліссіз жұмыс істейтін электр қозғалтқыштары	Желдеткіштер, компрессорлар, қозғалтқыштар, генераторлар және т.б.	0,65	0,8	0,75	0,75-0,8
Металл өңдейтін станоктардың электр қозғалтқыштары	Әмбебап қолданылатын станоктар (токарлі, фрезерлік, кесу бұрғылау)	0,12-0,14	0,4-0,6	-	0,14-0,16
	Арнайы станоктар, автомат-станоктар, агрегатты станоктар	0,22-0,25	0,65	1,17	-
	Ұсталық, құю цехтарының механизмдері	0,25-0,35	0,65	1,17	0,35-0,40
	Автоматты ағымдық желі	0,6	0,7	1	-
Үздіксіз көліктің механизмдерінің электр қозғалтқыштары	Транспортерлер, конвейерлер, элеваторлар және олармен блоктированған механизмдер	0,6	0,75	0,88	0,55
Қайталама-қысқа мерзімде жұмыс істейтін электр қозғалтқыштары	Крандар, кранбалкалар, тельферлар т.с.с (механикалық, жинақталатын және сол сияқты цехтар)	0,15-0,35	0,45	1,98	0,2-0,5
Электрлі пештер	Периодты іске қосылатын кедергі пештері, қыздыру аппаратары, кептіру камералары.	0,5-0,55	0,85-0,95	0,62-0,53	0,8
Жоғарғы жиілікті станоктар	Үздіксіз іске қосылатын кедергі пештері, методикалық, конвейерлік.	0,75	0,95	0,33	0,85
	Төменгі жиілікті индукциялық пештер	0,75	0,35	2,68	0,8
	Сол сияқты жоғарғы жиіліктегі.	0,6	0,7	1	0,8
	Доғалық пісіру трансформаторлары	0,3	0,35	2,68	0,35
Электрлі пісіру	Түйіспелі, жік және нүктелік пісіру аппаратары	0,35	0,55	1,52	0,4-0,5
Тігін фабрикасы	Дәнекерлеу аппаратары	0,3	0,65	1,17	0,35
	Тоқыма машиналар	-	0,8	0,75	0,7-0,9
	Айналдыру және орау машиналары	-	0,75	0,8	0,65-0,88
	Тігінші станоктар	-	0,7		0,8-0,9
	Өңдеу участіктері	-	0,77-0,85	0,83-0,62	0,5-0,9

Қ2 - Электрқабылдағыштарының эффективті сандарына байланысты болатын әр түрлі  $k_n$  пайдалану коэффициенттерінс арналған  $k_n$  максимум коэффициенттері

$\Pi_3$	$k_{н.ср}$ болғанда $k_m$								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	-	-	3	2,5	2	1,65	1,56	1,25	1,1
2	-	2,9	2,4	2,1	1,85	1,6	1,5	1,28	1,1
4	3,2	2,5	2,2	1,9	1,65	1,55	1,4	1,3	1,15
6	2,6	2,2	1,95	1,75	1,5	1,5	1,35	1,25	1,15
8	2,4	2	1,8	1,65	1,45	1,4	1,3	1,2	1,1
10	2,3	1,9	1,7	1,6	1,4	1,35	1,3	1,2	1,1
12	2,2	1,8	1,65	1,55	1,4	1,35	1,25	1,2	1,1
14	2,1	1,75	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,15	1,1
16	2	1,7	1,55	1,45	1,35	1,3	1,2	1,15	1,1
18	1,95	1,65	1,5	1,45	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1
20	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1
25	1,8	1,55	1,45	1,35	1,3	1,2	1,15	1,15	1,1
30	1,7	1,45	1,45	1,3	1,25	1,2	1,15	1,15	1,1
35	1,65	1,45	1,4	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,05
40	1,6	1,4	1,35	1,3	1,25	1,15	1,15	1,1	1,05
50	1,55	1,4	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05
100	1,45	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05

Қ3 - Электрқабылдағыштарының  $\Pi$ , эффективті сандарының қатысты мәндері

N	p																		
	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
0,02	0,71	0,51	0,36	0,26	0,19	0,14	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
0,03	0,81	0,64	0,48	0,36	0,27	0,21	0,16	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
0,04	0,86	0,72	0,57	0,44	0,34	0,27	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
0,05	0,9	0,79	0,64	0,51	0,41	0,33	0,26	0,22	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
0,06	0,92	0,83	0,7	0,58	0,47	0,38	0,31	0,26	0,21	0,18	0,15	0,13	0,12	0,1	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06
0,08	0,94	0,89	0,79	0,68	0,57	0,48	0,4	0,33	0,28	0,24	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08
0,01	0,95	0,92	0,85	0,76	0,66	0,56	0,47	0,40	0,34	0,29	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09
0,15	-	0,95	0,93	0,88	0,8	0,72	0,67	0,56	0,48	0,42	0,37	0,32	0,28	0,25	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14

1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	0,93
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	0,93	0,89
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	0,94	0,90	0,83
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	0,94	0,9	0,85	0,76
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	0,93	0,91	0,86	0,78	0,69
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	0,93	0,91	0,86	0,8	0,71	0,64
-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	0,94	0,91	0,86	0,81	0,73	0,64	0,54
-	-	-	-	-	-	-	0,95	0,94	0,91	0,87	0,81	0,74	0,66	0,57	0,47
-	-	-	-	-	-	0,95	0,94	0,91	0,87	0,81	0,75	0,68	0,6	0,51	0,42
-	-	-	-	-	0,95	0,94	0,91	0,87	0,82	0,76	0,69	0,62	0,53	0,45	0,37
-	-	-	-	0,95	0,94	0,91	0,87	0,82	0,76	0,7	0,63	0,56	0,48	0,41	0,33
-	-	-	0,95	0,93	0,9	0,86	0,81	0,75	0,7	0,56	0,57	0,5	0,43	0,36	0,29
-	-	0,95	0,94	0,90	0,86	0,81	0,75	0,69	0,64	0,58	0,52	0,45	0,39	0,32	0,26
-	0,95	0,93	0,89	0,85	0,80	0,74	0,69	0,63	0,58	0,52	0,47	0,41	0,35	0,29	0,23
-	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68	0,63	0,57	0,53	0,47	0,42	0,37	0,32	0,26	0,21
0,95	0,85	0,8	0,76	0,71	0,66	0,62	0,57	0,52	0,48	0,43	0,38	0,33	0,29	0,24	0,19

Қ4 - Шлангілі иілгіш кабельдердің ұзақты рұқсат етілген тоқтық жүктемелері

Кабельдің тоқ өткізетін талсымының қимасы, мм <sup>2</sup>	Шлангілі иілгіш кабельдердің 1 ұзақты рұқсат етілген тоқтық жүктемелері Ауа температурасы +20 <sup>0</sup> болғандағы резиналы оқшауламасы бар кабельдер (талсымның максималды рұқсат етілген температурасы +60 <sup>0</sup> С) С,А		1 кВ дейінгі кернеудегі 20 <sup>0</sup> С болғанда иілгіш кабельдің кедергісі Ом/км	
	1.2 кВ дейін	6 кВ	Активті	Индуктивті
4	45	-	4,87	0,101
6	58	-	3,10	0,095
10	80	85	1,96	0,092
16	105	110	1,22	0,090
25	135	135	0,767	0,088
35	165	165	0,539	0,084
50	200	200	0,394	0,081
70	250	250	0,281	0,079
95	300	300	0,202	0,078

Қ5 - Алюминий талсымы бар АПВП, ПвПу, ПвПг – тігілген полиэтиленнен, АСБ, АОСБ, ААБ, АОАБ, ААШв, АСБГ үшфазалы кабельдер

Жұмыстық кернеуі, кВ	Талсымның қимасы, мм	Ұзақты рұқсат етілген тоқтық жүктеме, А		Толық жүктеме кезіндегі бір кабельдің шығыны, кВт/км	1% кернеу шығынына келетін кабель ұзындығы, м	Алюминий салмағы, т/км
		Траншеялардан өткізілгенде	Конструкциялардан өткізілгенде			
1	2	3	4	5	6	7
6	10	60	42	40	185	0,08
	16	80	50	45	220	0,13
	25	105	70	50	260	0,20
	35	125	85	51	310	0,28
	50	155	110	54	360	0,40
	70	190	135	59	410	0,56
	95	225	165	61	470	0,76
	120	260	190	64	510	0,96

ҚБ - Мыс талсымы бар ПвП, ПвП2г – тігілген полиэтиленнен, СБ, ОСБ, СБГ үшфазалы кабельдер

Жұмыстық кернеуі, кВ	Талсымның қимасы, мм	Ұзақты рұқсат етілген тоқтық жүктеме, А		Толық жүктеме кезіндегі бір кабельдің шығыны, кВт/км	1% кернеу шығынына келетін кабель ұзындығы, м
		Траншеялардан өткізілгенде	Конструкциялардан өткізілгенде		
1	2	3	4	5	6
6	10	80	55	41	310
	16	105	65	46	370
	25	135	90	47	445
	35	180	110	49	524
	50	200	145	52	600
	70	245	175	59	690
	95	295	215	61	790
	120	340	250	64	865

К7 - Алюминий талсымы бар кабельдердер мен сымдардың активті және индуктивті кедергілері (500 В дейінгі кернеуге арналған)

Талсымы, мм <sup>2</sup>	Кедергісі, мОм/м			Талсымы, мм <sup>2</sup>	Кедергілері, мОм/м		
	Активті r	Индуктивті x			Активті r	Индуктивті x	
		Ашық түрде өткізілген, оқшауланған және жалаңаш сымдар	Трубадағы кабельдер мен сымдар			Ашық түрде өткізілген, оқшауланған және жалаңаш сымдар	Трубадағы кабельдер мен сымдар
1,5	12,05	-	0,11	50	0,66	0,25	0,06
2,5	13,3	-	0,09	70	0,47	0,24	0,06
4	8,3	0,33	0,1	95	0,35	0,23	0,06
6	5,55	0,32	0,09	120	0,28	0,22	0,06
10	3,32	0,31	0,07	150	0,22	0,21	0,06
16	2,07	0,29	0,07	185	0,18	0,21	0,06
25	1,33	0,27	0,07	240	0,14	0,2	0,06
35	0,95	0,26	0,06	300	0,11	0,19	0,06

Ескерту: сымның активті кедергісі мына қатынастан табылған

$$r = \frac{1}{30s} \cdot 10^3$$



Қ8 - Жерге төселген қорғасын және алюминий қабықшасы бар ағып өтпейтін массасы мен майлы канифоль сіңірілген қағаз оқшауламасы алюминий талсымды кабелдердің рұқсат етілген жүктемелері (А)

Талсымы, мм <sup>2</sup>	1 кВ дейінгі бір талсымды кабельдер	1 кВ дейінгі скі талсымды кабельдер	Үш талсымды кабелдер			1 кВ дейінгі төрт тал- сымды кабельдер
			3 кВ дейінгі	6 кВ	10кВ	
			Талсымның максимал рұқсат етілген температурасы, С			
	80	80	80	65	60	80
2,5	-	35	31	-	-	-
4	60	46	42	-	-	-
6	80	60	55	-	-	-
10	110	80	75	60	-	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	200
50	275	210	180	155	140	205
70	340	250	220	190	165	240
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	-	380	340	310	345
240	675	-	440	390	355	-

Қ9 - Ауада қойылатын қорғасын және алюминий қабықшасы бар ағып өтпейтін массасы мен майлы канифоль сіңірілген қағаз оқшауламасы алюминий талсымды кабелдердің рұқсат етілген жүктемелері (А)

Талсымы, мм <sup>2</sup>	1 кВ дейінгі бір талсымды кабельдер	1 кВ дейінгі скі талсымды кабельдер	Үш талсымды кабельдер			1 кВ дейінгі төрт тал- сымды кабельдер
			3 кВ дейінгі	6 кВ	10кВ	
			Талсымның максимал рұқсат етілген температурасы, С			
	80	80	80	65	60	80
2,5	31	23	22	-	-	-
4	42	31	29	-	-	27
6	55	42	35	-	-	35
10	75	55	46	42	-	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	110	80	70	65	75
35	155	115	95	85	80	95
50	190	140	120	110	105	110
70	235	195	155	135	130	140
95	275	210	190	165	155	165
120	320	245	220	190	185	200
150	360	290	255	225	210	230
185	405	-	290	250	235	260
240	470	-	330	290	270	-

Қ10 - Шинаның рұқсат етілген жүктемелері\*

Шина өлшемдері, мм	Шинаның санына байланысты жүктеме (А)							
	1	2	3	4	1	2	3	4
	Мыс шиналар				Алюминий шиналар			
15 × 3	210				165			
20 × 3	275				215			
25 × 3	340				265			
30 × 4	475				365			
40 × 4	625				480			
40 × 5	700				540			
50 × 5	860				665			
50 × 6	955				740			
60 × 6	1125	1740	2240		840	1350	1720	
80 × 6	1480	2110	2720		1150	1630	2100	
100 × 6	1810	2470	3170		1425	1935	2500	
60 × 8	1320	2040	2620		1025	1680	2180	
80 × 8	1690	2620	3370		1320	2160	2790	
100 × 8	2080	3060	3930		1625	2390	3050	
120 × 8	2400	3400	4340		1900	2650	3380	
60 × 10	1475	3560	3300		1155	2010	2650	
80 × 10	1900	3100	3990		1480	2410	3100	
100 × 10	2310	3610	4650	5300	1820	2860	3640	4150
120 × 10	2650	4100	5200	5900	2070	3200	4100	4650

\*Жүктеме айнымалы токқа берілген.

Қ11- Жалпақ шиналардың активті және индуктивті кедергілері

Шина өлшемдері, мм	Кедергісі, мОм/м					
	65° С болғандағы активті		Индуктивті (мыс және алюминий)			
	Мыс	алюминий	Фаза аралық орташагеометриялық ара қашықтық кезінде $a_{орг}$ , мм			
			100	150	200	300
25×3	0,268	0,475	0,179	0,200	0,295	0,244
30×3	0,223	0,394	0,163	0,189	0,206	0,235
30×4	0,167	0,296	0,163	0,189	0,206	0,235
40×4	0,125	0,222	0,145	0,170	0,189	0,214
40×5	0,100	0,177	0,145	0,170	0,189	0,214
50×5	0,080	0,142	0,137	0,156	0,180	0,200
50×6	0,067	0,118	0,137	0,156	0,180	0,200
60×6	0,056	0,099	0,119	0,145	0,163	0,189
60×8	0,042	0,074	0,119	0,145	0,163	0,189
80×8	0,031	0,055	0,102	0,126	0,145	0,170
80×10	0,025	0,044	0,102	0,126	0,145	0,170
100×10	0,020	0,035	0,090	0,113	0,133	0,157
2(60×8)	0,0209	0,037	0,120	0,0145	0,163	0,189
2(80×8)	0,0157	0,0277	-	0,126	0,145	0,170
2(80×10)	0,0125	0,0222	-	0,126	0,145	0,170
2(100×10)	0,010	0,0178	-	-	0,133	0,157

Ескерту: индуктивті кедергі мына формула бойынша есептелінген

$$x = 0.145lg \frac{a_{cp}}{0,25h}$$

мұндағы  $h$  - шинаның көлденең қимасы жағындағы ең үлкен өлшемі, мм  
 $a_{cp}$  - шиналар арасындағы орташагеометриялық ара қашықтық.

Қ12 - Жинақы шинасым фазасының активті және индуктивті кедергілері

Шинасым типтері	Номиналды тоғы, А	Кедергісі, мОм/м	
		R	X
ШМА73	1600	0,031	0,017
ШМА68Н	2500	0,027	0,023
ШМА68Н	4000	0,013	0,020
ШЗМ16	1600	0,017	0,014
ШРА73	250	0,200	0,100
ШРА73	400	0,130	0,100
ШРА73	630	0,085	0,075

Қ13 - Үшфазалы майлы трансформаторлар

Трансформа- тор	Номи- налды қуаты кВ-А	Орамдардың номи- налды кернеулері, кВ		Шығындары кВт		Қ.т. кернеуі $u_{к.з.}\%$	б.ж. тоғы, %
		ЖК	ТК	б.ж.	қ.т		
1	2	3	4	5	6	7	8
ТМ-250/6-10	250	6; 10	0,23; 0,4; 0,69	0,94	3,7	4,5	2,3
ТМГ-400/6-10	400	6; 10	0,23; 0,4; 0,69	1,21	5,5	4,5	2,1
ТМГ-630/6-10	630	6; 10	0,23; 0,4; 0,69	1,68	8,5	4,5	2,1
ТМН-1000/6-10	1000	6; 10	0,4; 0,69	2,1	11	5,5	1,4
ТМЗ-1600/10	1600	6; 10	0,4; 0,69	2,8	18	5,5	1,3
ТМЗ-630/10	630	6; 10	0,4	1,4	5,6	6,2	1,8
ТМЗ-1000/10	1000	6; 10	0,4	2,1	9,7	6,2	1,4
ТМН-1600/6-10	1600	6; 10	0,4	2,8	14	6,2	1,3

Қ14 - Қуаты 1000 кВА дейінгі төмендеткіш трансформаторларының кедергісі

Номиналды қуаты, кВА	Бірінші ретті орамасы кВ	Екінші ретті орамасы, кВ	U <sub>к</sub> , %	кедергісі, мОм	
				X	R
10*	6	0,400	5,5	698	536
		0,230		224	172
20*	6	0,400		369	240
		0,230		123	80
	10	0,400		369	240
		0,230		123	80
25	6-10	0,400	4,7	244	176
		0,230		80,5	58
40	6	0,230		52,5	33
		0,400		159	100
	10	0,230		52,5	33
		0,400		159	100
63	6-10	0,230	4,7	34,2	19,6
		0,400		104,5	59,4
	20	0,230	5,3	39,9	19,6
		0,400		121,4	59,4
100	10	0,230	4,7	21,7	12
		0,400		65,5	36,3
	35	0,230	6,8	33,9	12
		0,400		105	36,3
160	6-10	0,23	4,7	14,3	5,94
		0,400		43,4	18
	35	0,69	6,8	129,5	53,5
		0,23		21,6	5,94
		0,400		65,5	18
		0,69		195	53,5
250	10	0,230	4,7	9,3	3,56
		0,400		28,2	10,75
	35	0,69	6,8	83,5	32
		0,230		13,9	3,56
		0,400		42,4	10,75
		0,69		125,5	32
400	10	0,230	4,7	5,6	1,95
		0,400		17	5,9
	35	0,69	6,5	50,6	17,6
		0,230		8,4	1,95
		0,400		25,4	5,9
		0,69		75,4	17,6
630	10	0,230	5,5	4,6	1,13
		0,400		13,6	3,43
	35	0,69	6,5	40,4	10,2
		3,15		858	21
		0,400	6,5	16,2	3,07
				0,69	48,5
1000	6-10	0,400	5,5	8,56	1,95
		0,69		25,5	5,8
		3,15		532,5	121

	35	6,3 0,400 0,69 3,15	6,5	2140 10,4 30,3 2510	484 1,95 5,8 121
--	----	------------------------------	-----	------------------------------	---------------------------

\*Төменгі кернеуге келтірілген

К15 - Ажыратқыштың техникалық берілгендері (элегазды, автогазды, аздамайлы)

Ажыратқыштың типтері	Номиналды кернеуі кВ	Номиналды тоғы, А	Ажыратудың номиналды тоғы, кА	Элдинамикалық тоғы, кА	Термиялық беріктің тоғы кА/өту уақыты, сек	Жетегі
1	2	3	4	5	6	7
ВНА-10	10	600 1000 1500 3000	20	52	20/5	ПЭ-11
ВМПШ, ВМПЭ-20	10	630 1000 1600	20	52	20/4	Біріккен
ВМПШ, ВМИЭ-31,5	10	630 1000 1600	31,5	80	31,5/4	Біріккен
ВМПЭ-10-3200-20	10	3200	20	52	20/4	Біріккен
ВМПЭ-10-3200-31,5	10	3200	31,5	80	31,5/4	Эл.магниттік
ВВ/TEL-10-12,5/630	10	630	12,5	32	-	Біріккен
ВВ/TEL-10-12,5/1000	10	1000	20	52	-	Біріккен

Қ16 - «Электрон» сериялы автоматтардың техникалық берілгендері электромагнитті жетегіменен

Типтері	Ном. тоғы, А	Коммутациялау қабілеті, кА					
		Айнымалы тоқ				Тұрақты тоқ	
		380 В		660 В		220 в	440 В
І <sub>дин</sub>	І <sub>отк</sub>	І <sub>дин</sub>	І <sub>отк</sub>				
Э06	600	50	25	35	15	35	25
Э10	1000	84	40	70	30	50	40
Э16	1600	84	40	70	30	55	45
Э25	2500	100	45	70	35	55	45
Э40	4000	160	66	104	50	65	55

Қ17 - «Электрон» сериялы автоматты ажыратқыштардың техникалық берілгендері (жалғасы)

Типтері	Термиялық орнықтылық, $KA^2c$	Коммутациялық циклдер саны			Қысқаша тұйықталу кезіндегі өзіндік іске қосылу уақыты, с
		Тоқсыз	Нормалді кернеу кезінде		
			Айнымалы тоқ	Тұрақты тоқ	
Э06	437	10000	3500	2500	0,25;0,45;0,7
Э10	1100	7500	3500	2500	0,25,0,45,0,7
Э16	1850	6000	2500	2000	0,25,0,45,0,7
Э25	4500	5000	1500	1000	0,25,0,45,0,7
Э40	11500	3000	1000	600	0,25,0,45,0,7

Қ18 - Электромагнитті және жылулық ағытқышы бар айнымалы тоқтағы А3700, FMC5Ei, АЕ үшполюсті автоматты ажыратқыштары.

Ажыратқыш типі	$I_{н...в}, A$	Жылулық ағытқыштың номинал тоғы $I_{н.расц}, A$	$\frac{I_{с.ц}}{I_{н.расц}}$	$I_{с.о}, A$	380 В ШКҚ	380 В СШКҚ	
					Соғылу тоғы, кА		
<b>Кернеуі 660 В дейінгі ажыратқыштар</b>							
А3716Б	160	16	1,15	630	5,5	-	
		20			10		
		25			15		
		32; 40			630; 1600		20
		50; 63					30
		80					45
		100; 125					60
					160		
А3726Б	250	160	1,15	2500	65	150	
		200; 250			75		
А3736Б	400	250	1,15	2500	65	150	
		320		3200	100		
		400		4000	100		
FMC5Ei	630	250	1,15	2500	65	150	
		320		3200	70		
		400		4000	70		
		500		5000	70		
		630		6300	70		
<b>Кернеуі 380 В дейінгі ажыратқыштар</b>							
АЕ2066	160	16	1,15	630	5,5	-	
		20			10		
		25			15		
		32:40			630; 1600		20
		50; 63; 80					25
		100; 125; 160					25
А3726Ф	250	160, 200 ; 250	1,15	2500	35	38	
А3736Ф	630	250	1,15	2500	50	53	
		320		3200			
		400		4000			
		500		5000			
		630		6300			

Қ19 – ВА дәл селективті бағдарламаланатын қорғаныспен жабдықталған ажыратқыш, А3700 үшпөлүсті автоматты ажыратқыштар.

Ажыратқыш типі	$I_{н.н}, A$	$I_{н.расц}, A$	$I_{с.о.}, A$	380 В ШКҚ	380 В СШКҚ
				Соғылу тоғы, кА	
Кернеуі 660 В дейінгі ажыратқыштар					
А3712Б	160	80	400	36	-
		160	630; 1000; 1600	75	125
А3722Б	250	250	1600; 2000; 2500	80	150
ВА1	400	400	2500; 3200; 4000	100	150
А3742Б	630	630	4000; 5000; 6300	100	150
ВА1	630	630	2500; 3200; 4000; 5000; 6300	111,1	150
Кернеуі 380 В дейінгі ажыратқыштар					
А3712Ф	160	80	400	25	28
		160	630; 1000; 1600		
А3722Ф	250	250	1600; 2000; 2500	35	38
А3732Ф	630	400	2500; 3200; 4000	50	53
		630	4000; 5000; 6300		

Қ20 - Кернеуі 660 В дейінгі АЕ20 және АЕ20М сериялы автоматты ажыратқыштары

Ажыратқыш типі	Ажыратқыштың номинал тоғы, А	Ағытқыш түрі	$I_{н.расц}, A$	$\frac{I_{с.о.}}{I_{н.расц}}$	Тағайыншама және реттеу шегі
АЕ2023	16	Электромагнитті	0,3; 0,4;	12	-
АЕ2026		Құрамалы	0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16		0,9-1,15
АЕ2043	63	Электромагнитті	10; 12,5;	12	1,15
АЕ2044		Құрамалы	16; 20; 25;		0,9-1,15
АЕ2046			31,5; 40; 50; 63		
АЕ2043М	63	Электромагнитті	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16;	12	0,9-1,15
АЕ2046М		Құрамалы	20; 25; 31,5; 40; 50; 63		

AE2053M	100	Электромагнитті	10; 12,5; 16;20; 25; 31,5;40; 50; 63; 80;100	12	1,15
AE2056M		Құрамалы			
AE2063	160	Электромагнитті	16;20; 25; 31,5;40; 50; 63; 80; 100; 125;160	12	1,15
AE2066		Құрамалы			

Қ21 - Кернеуі 660 В дейінгі, номинал тоғы 160 А дейін болатын ВА51 және ВА52 үшполюсті автоматты ажыратқыштары

Ажыратқыш типі	I <sub>н.в.</sub> , А	I <sub>н.расц.</sub> , А		$\frac{I_{с.п.}}{I_{н.расц}}$	380 В ШКҚ, кА		380 В СШКҚ, кА	
					ВА51	ВА52	ВА51	ВА52
ВА51-25	25	6,3; 8,0	7; 10	1,35	2	-	5	-
		10; 12,5			2,5			
		16; 20; 25			3,8			
ВА51125	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6	14	1,2	3	-	5	-
		2,0; 2,5			1,5			
		3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0						
		10; 12,5			2			
		16; 20; 25			3			
ВА51-31 BAS2-31	100	16	3; 7; 10	1,35	4,5	13	6	30
		20; 25			5			
		31,5; 40			6			
		50; 63			6			
		80; 100			1,25			
ВА51Г31 ВА52Г31	100	16; 20;25	14	1,2	3,6	13	6	30
		31,5;40			6			
		50; 63			6			
		80; 100			6			
ВА51-33 ВА52-33	160	80; 100	10	1,25	12,5	30	15	38
		125;160			38			
ВА51Г33 ВА52Г33	160	80; 100	14	1,2	12,5	30	15	38
		125;160			38			



Қ22 - Кернеуі 660 В дейінгі, номинал тогы 160А дейін болатын ВА51 және ВА52 үшполюсті автоматты ажыратқыштары

Ажыратқы типі	Ажыштың ратқыш номинал тоғы, А	Жылулық ағытқыштардың номинал тоғы, $I_{нағыз}$ , А	$\frac{I_{с.о.}}{I_{н.расц}}$	$I_{с.о.}$ жылулық ағытқышсыз орындалулар үшін, А	380 В ШКК, кА	380 В СШКК, кА
ВА51-35	250	100	12	1000; 1250; 1600; 2000; 2500	12/12	14
		125			15/15	18
		160; 200; 250;			18/15	22
ВА51-37	400	250; 320 400	10	1600; 2000; 2500; 3200; 4000	25/25	30
ВАС1-39	630	400; 500; 630	10	2500; 3200; 4000; 5000; 6300	35/35	40
ВА52-35	250	100	12	1000; 2000; 2500; 3200; 4000	35/30	40
		125				
		160; 200; 250				
ВА52-39	630	250; 320	10	2500; 3200; 4000; 5000; 6300	40/40	45
		400			50/40	55
		500; 630			55/40	60

Қ23- Автоматтың максимал тоқтарының орамдарының саны

Кедергісі	Орамның номинал тоғы, А						
	50	70	100	140	200	400	600
X, мОм	2,7	1,3	0,86	0,55	0,28	0,1	0,094
65 <sup>0</sup> С болғандағы R, мОм	5,5	2,35	1,3	0,74	0,36	0,15	0,12

Қ24 Сөндіру аппараттары контактілерінің өтпелі кедергілері

Аппарат	Номинал тоқ кезіндегі, А өтпелі кедергі, мОм									
	50	70	100	140	200	400	600	1000	1600	2500
Автомат	1,3	1,0	0,75	0,65	0,6	0,4	0,25	0,1	0,08	0,06
Шаппа қосқыш	-	-	0,5	-	0,4	0,2	0,15	0,08	0,06	0,05

Қ25 - Кернеуі 500 В дейін болатын толықтырғышы жоқ ПР-2 сақтандырғышының балқымалы ендімесінің номинал тоғы

Сақтандырғыштың номинал тоғы,	Балқымалы ендірменің номинал тоғы, Л	Сөндіру тоғы, кА	
		220 В	380 в
15	6,10,15	1,2	0,8
60	15,20,25,35,60	5,5	1,8
100	60,80,100	1,1	6
200	100,125,160,200	11	6
350	200,225,260,300,350	11	6
600	350,430,500,600	15	13
1000	600,700,850,1000	15	15

Қ26 - Кернеуі 500 В дейін болатын толықтырғышы бар НПН және ПН-2 сериялы сақтандырғыштарының балқымалы ендірмелерінің номинал тоқтары

Типі	Номиналды тоғы, А		Сөндірудің шекті тоғы, кА
	Сақтандырғыштың	Балқымалы ендірменің	
НИН-15	15	6,10,15	10
НПН-60	60	15,20,25,35,45,60	6
ПН-2-100	100	30,40,50,60,80,100	50
ГН-2-250	250	80,100,120,150,200,250	40
ПН-2-400	400	200,250,300,350,400	25
ПН-2-600	600	300,400,500,600	25
ПН-2-1000	1000	-	-

Қ27 - Тоқ трансформаторларының бірінші орамдарының кедергілері

Кедергісі	Трансформация коэффициенті кезіндегі бірінші орам кедергісі													
	7,5/5	10/5	15/5	20/5	30/5	40/5	50/5	75/5	100/5	150/5	200/5	300/5	400/5	600/5
X	480	270	120	67	30	17	11	4,8	2,7	1,2	0,67	0,3	0,17	0,07
R	300	170	75	42	20	11	7	3	1,7	0,75	0,42	0,2	0,11	0,05
X	120	70	30	17	8	4,2	2,8	12	0,7	0,3	0,17	0,08	0,04	0,02
R	130	75	33	19	8,2	4,8	34,8	1,3	0,75	0,33	0,19	0,08	0,05	0,02

Қ28 - Конденсаторлар мен конденсаторлық қондырғылардың техникалық берілгендері мен шартты белгіленулері

Конденсаторлар немесе конденсаторлық қондырғылардың типтері	Номинал кернеулері, кВ	Номинал қуаты, кВар	Реттеу сатыларының саны мен қуаттары, шт. квар
КМ-0, 38-13	0,38	13	-
КМ-0,38-26	0,38	26	-
КС-0, 66-13	0,66	18	-
КС-0, 66-26	0,66	26	-
КМ-6, 3-13	6,3	13	-
КМ-6, 3-25	6,3	26	-
КС-6. 3-37, 5	6,3	37,5	-
КС-6, 3-50	6,3	50	-
КС2-6, 3-75	6,3	75	-
УК-0, 38-110Н	0,38	110	1×110
УК-0, 38-900НП	0,38	900	6×150
УК-6-450ЛУЗ	6,3	450	-
УК-6-675ЛУЗ	6,3	675	-
УК-6-900ПУЗ	6,3	900	-

Қ29 - Статикалық конденсаторлардың техникалық сипаттамалары

Конденсатор	Номиналды мәндері			Сыйымдылығы, мкФ	50Гц болғандағы кедергісі, Ом
	Кернеуі, кВ	Қуаты, кВАр	Тоғы, А		
КМ-0,22-4,6	0,22	4,5	-	296	-
КМ-0,38-13	0,38	13	-	286	-
КМ-0,66-13	0,68	13	-	95	-
КС-1,05-25	1,05	25	8	72	-
КС-1,05-37,5	1,05	37,5	-	108,3	-
КС 6,3 25	6,3	25	-	2,0	-
КС-10,5-50	10,5	50	-	1,44	-
КСП-0,66-40 (ұзақты қарымталауыш үшін)	0,66	40	60,5	292	10,9

Қ30 - Меншікті кедергілердің жерге таралуының орташа мәндері

Электрод сипаттамалары	Климаттық аймақтар			
	1	2	3	4
Ұзындығы 2-3 м, төбелерінің орналасу тереңдігі 0,5-0,8 м болатын стерженді электрод қолданғанда	1,8-2,0	1,5-1,8	1,4-1,6	1,2-1,4
Орналасу тереңдігі 0,8м болатын тартылған электрод қолданғанда	4,5-7,0	3,5-4,5	2,0-2,5	1,5-2,0

Қ31- Жерлендіргіштің экрандалған коэффициенттері

Трубалардың (бұрыштардың) ара қашықтарының олардың ұзындықтарына қатынасы	Жерге қосқыштың орналасуы					
	Бір қатарға			Контур бойына		
	Труба- лар(бұ- рыштар) саны	Экрандалған коэф- фициенттері		Труба- лар(бұрыш- тар) саны	Экрандалған коэффи- циенттері	
		$\eta_{эк, ЭЛ}$	$\eta_{эк, П}$		$\eta_{эк, ЭЛ}$	$\eta_{эк, П}$
1	2	0,84-0,87	0,8	4	0,66-0,72	0,55
	3	0,76-0,80	0,75	6	0,58-0,65	0,40
	5	0,67-0,72	0,70	10	0,52-0,58	0,35
	10	0,56-0,62	0,60	20	0,44-0,50	0,27
	15	0,51-0,56	0,45	40	0,38-0,44	0,21
	20	0,47-0,50	0,40	60	0,36-0,42	0,19
				100	0,33-0,39	0,18
2	2	0,90-0,92	0,90	4	0,76-0,80	0,58
	3	0,85-0,88	0,85	6	0,71-0,75	0,56
	5	0,79-0,83	0,80	10	0,66-0,71	0,50
	10	0,72-0,77	0,60	20	0,63-0,66	0,36
	15	0,66-0,75	0,55	40	0,55-0,61	0,28
	20	0,65-0,70	0,50	60	0,52-0,58	0,25
			0,44	100	0,49-0,55	0,23
3	2	0,93-0,95	0,98	4	0,84-0,86	0,73
	3	0,90-0,95	0,95	6	0,78-0,82	0,68
	5	0,85-0,88	0,90	10	0,74-0,78	0,58
	10	0,79-0,89	0,80	20	0,68-0,79	0,49
	15	0,78-0,80	0,70	40	0,64-0,69	0,42
	20	0,74-0,79	0,65	60	0,62-0,67	0,38
			0,58	100	0,69-0,65	0,34

Қ32 -Климаттық аймақтардың сипаттамалары

Климаттық аймақтардың белгілері	Аймақтар			
	1	2	3	5
Орташа көпжылдық төменгі температура (қантар), С	20-дан 5 дейін	14-дан 10 дейін	10-нан 0 дейін	0-ден +5-ке дейін
Орташа көпжылдық жоғарғы температура (шілде), С	+16-дан +18-ге дейін	+18-ден +22-ге дейін	+22-ден +24-ке дейін	+24-тен +20-ға дейін
Жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері, см	40	50	50	30-50
Су қатуының ұзақтығы, күн	190-170	150	100	0

Қ33 - Меншікті кедергілердің жерге таралуының орташа мәндері

Ортаның исмесе жердің (құрамы) атаулары	Меншікті келергінің ұсынылған мәндері $\rho$ Ом см $10^4$
Шымтезек	0,2
Саз балшық	0,4
Бақша жері	0,4
Саз балшық (калыңдығы 8-10 м)	0,7
Суглинок	1,0
Тасты саз балшық (50% дейін)	1,0
Қаратопырақ	2,0
Майдаланған күм	3,0
Күм	7,0
Орташа ұнтақталған күм	10,0
Майда тас, әк	20,0
Тас	40,0
Аралас көмір	250
Тас көмір	450-500
Гранит	2070
Өзен суы	0,5
Теңіз суы	0,01
Аралас көмір	250

Қ34 - Тоқтың экономикалық тығыздығы, А/мм<sup>2</sup>

Максимал жүктемелердің сағат сандарын пайдалануы, сағ.	Шиналар жәнс жалаңаш сымдар		Қағаз оқшауламасы бар кабельдер және резина оқшауламасы бар сымдар		Мыс талсымы және резина оқшауламасы бар кабельдер
	мыс	алюминий	мыс	алюминий	
1000-3000	2,5	1,3	1,3	3,0	3,5
3000-5000	2,1	1,1	2,5	1,4	3,1
5000-8760	1,8	1,0	2,0	1,2	2,7

Қ35 - Біріккен энергожүйесінің септелген бағасының шығыны  $C_{p,л}$  және коэффициент  $K_{p1}$

Біріккен энергожүйе	Жұмыс аусымының саны	Есептелген бағасының шығыны $C_{p,л}$ руб/кВт*ч	Есептелген меншікті шығыны коэффициенті $K_{p1}$
Орталық, Солтүстік-Батыс, Оңтүстік	1	52	24
	2	106	12
	3	112	11
Орта Еділ	1	64	19
	2	93	13
	3	106	12
Орал	1	56	22
	2	91	14
	3	117	11
Солтүстік Кавказ	1	89	14
	2	95	13
	3	103	12

Солтүстік Қазақстан	1	76	17
	2	80	16
	3	87	14
Сібір	1	85	15
	2	85	15
	3	85	15
Орта Азия	1	64	19
	2	64	19
	3	80	16
Қиір Шығыс	1	136	9
	2	136	9
	3	136	9

Қ36 -  $K_{p2}$  коэффициентінің мәндері

Трансформатордың қуаты, кВА	коэффициент $K_{p2}$ кезіндегі, желенің ұзындығы L, км				
	0,5 дейін	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2	2 жоғары
400	2	4	7	10	17
630	2	7	10	15	27
1000	2	7	10	15	27
1600	3	10	17	23	40
2500	5	16	26	36	50

Қ37 - Берілген және есептелген көрсеткіштері

Трансформатор	Есептелген жүктеме $Q_{ер.м}$ , кВар	Есептелген жүктеме $Q_{нк}$ , кВар	Алынған қуаты $Q_{нк.ф}$ , кВар	Трансформатор	Есептелген жүктеме $Q_{ер.м}$ , кВар	Есептелген жүктеме $Q_{нк}$ , кВар	Алынған қуаты $Q_{нк.ф}$ , кВар
1Т	1750	905	900	8Т	1700	877	900
2Т	1750	905	900	9Т	1780	918	900
3Т	1750	905	900	10Т	1550	800	800
4Т	1530	789	800	11Т	1320	681	700
5Т	1600	825	800	12Т	1750	905	900
6Т	1550	800	800	13Т	1750	905	700
7Т	1930	995	1000	Барлығы	21310	11000	11000

## Пайдаланған әдебиеттер

1. 07130100-«Электрмен қамтамасыз ету (салалары бойынша)» мамандығына арналған типтік оқу бағдарламасы. Нұр-Сұлтан, 2021.
2. Коновалова Л.Л. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Энергоатомиздат, 2011, - 423б.
3. Крючков И. П., Старшинов В. А., Гусев Ю. П. и др. Короткие замыкания и выбор электрооборудования. - М.: Издательский дом МЭИ, 2012, – 326 б.
4. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. Учебник для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 2012, - 342 б.
5. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 2016, – 608 б.
6. Опоева Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособие. – ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006, – 480 б.
7. Почаевец В. С. Электрические подстанции: Учеб. для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. – М.: Желдориздат, 2014, – 512 б.
8. Рожкова Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для сред. проф. образования. - М.: Издательский центр «Академия», 2004, – 448 б.
9. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. - М.: Энергоатомиздат, 2012, – 648 б.
10. Сборник задач и упражнений по электрической части электростанций и подстанций. Часть I. Под ред. Неклепаева Б. Н. и Старшинова В. А.. – М.: Издательство МЭИ, 2006, – 256 б.
11. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Под общей редакцией Федорова А.А.и Сербиновского Г.В.. – М.: Энергия, 2014, – 412 б.
12. Электрондық ресурс: <https://project-energy-ken.ru/>.
13. Электрондық ресурс: <https://oncad.ru/kz>.