



**Коммерциялық емес  
акционерлік  
қоғамы**

**АЛМАТЫ  
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ  
БАЙЛАНЫС  
УНИВЕРСИТЕТІ**

Өндірістік кәсіпорындарды  
электрмен жабдықтау  
кафедрасы

## **ТАРАТУ ТОРАПТАРЫНЫҢ РЕЛЕЛІК ҚОРҒАНЫСЫ**

5B081200 – Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығының студенттері үшін есептеу сызба жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: М.В. Башкиров, Г.С.Жунусова. «Тарату тораптарының релелік қорғанысы». 5В081200 – Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығының студенттері үшін есептеу сызба жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар – Алматы: АЭЖБУ, 2014.-38 б.

«Тарату тораптарының релелік қорғанысы» пәнінің есептеу сызба жұмыстарында тоқ трансформаторларын таңдау шарттары, және де оларды 10% қателік сызығы бойынша тексеру, трансформаторлардағы негізгі және қосымша қорғаныстардың есептеулері, цех трансформаторларын, жоғары кернеулі және төменгі кернеулі қозғалтқыштарды қорғаудың есептеулері қарастырылған.

Без.4, 12 кесте , әдеб. 10 - атауы.

Пікір беруші: аға оқытушы Курпенев Б.К.

«Алматы энергетика және байланыс университетінің» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2014 ж.баспа жоспары бойынша басылды.

## **Кіріспе**

Оқу жоспарына сай, 5В081200-Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығы бойынша оқитын студенттер, «Тарату тораптарының релелік қорғанысы» курсына оқиды, мұнда студенттердің пәннің өткен тарауларын бекітуге көмектесетін төрт есептік-сызба жұмыстар қарастырылған.

Курс бойынша студенттер есептік-сызба жұмыстарды сәтті орындап және қорғаған соң емтиханға жіберіледі.

# **1 №1 есептік-сызба жұмыс. Тоқ трансформаторын шектік сызық бойынша 10% толық қателік сызығына тексеру**

## **1.1 Тапсырма**

1.1.1 Тапсырманың нөмірін фамилияның бірінші әріпімен, сынақ кітапшасының соңғы және алдындағы саны арқылы 1.3, 1.4 кестелерден таңдау.

1.1.2 Тоқ трансформаторының екіншілік жүктемесін оның қосылу сұлбасы мен ҚТ түріне байланысты анықтау.

1.1.3 ТТ шектік еселік қисығы бойынша екіншілік жүктеменің рұқсат етілген кедергі шамасын  $Z_{н.рұқ.}$  анықтау.  $Z_{н.рұқ.}$  ТТ жүктемесінің нақты есептік кедергісімен  $Z_{н.есеп.}$  салыстыру. Қосылатын жүктеменің рұқсат етілетініне қорытынды жасау.

## **1.2 Әдістемелік нұсқаулықтар**

Релелік қорғанысты қоректендіретін ТТ релелік қорғаныс әсер ететін ҚТ тоғы аумағында дәл жұмыс істеуі қажет. Бұл тоқтар, әдетте ТТ номиналды тоғынан  $I_{I_{ном.ТА}}$  асады, және де белгілі шамадан аспайтын ТТ қателігінің дәл жұмысы біріншілік тоқтарда  $I_1 > I_{I_{ном}}$  қамтамасыз етілуі тиіс.

Эксплуатация және теориялық талдау негізінде алғанда, релелік қорғаныс құрылғыларының көбісінің дұрыс жұмыс жасауы үшін ТТ қателігі тоқ бойынша  $\Delta I$  10% , бұрыш бойынша -  $7^\circ$  аспауы қажет. Бұл талаптар орындалады егер, ТТ толық қателігі  $\varepsilon < 10\%$ , немесе магниттелу тоғы ТТ өтетін  $I_1$  тоқтан 10% аспаса, яғни  $I_{ном} \leq 0,1 \cdot I_1$ .

ТТ қателігі біріншілік тоқтың еселік тоғына  $K_{10}$  және екіншілік орамның жүктемесіне  $Z_n$  тәуелді болады. Әрбір ТТ түріне байланысты қателігі  $\varepsilon$  10% тең  $K_{10}$  және  $Z_n$  шамалар бар. Барлық ТТ шектік еселік қисығы  $K_{10}$  шығырушы зауыттағы ақпаратта келтіріледі [6].

## **1.3 Тоқ трансформаторларының екіншілік жүктемелерін анықтау**

ТТ екіншілік есептік жүктемесі  $Z_{н.есеп.}$  реле кедергісінен, қосылу сымдарынан, ТТ қосылу сұлбасынан, ҚТ түріне байланысты болады. Негізгі қосылу сұлбалары үшін ТТ екіншілік есептік жүктемесін (фазаға) анықтаудың формулалары 1.2 кестеде келтірілген [2].

Релелік аппаратуралардан және қосылу сымдарынан тұратын екіншілік тізбектің кедергісі вольтметр және амперметр көмегімен айнымалы тоқта өлшенеді, немесе келесі түрде анықталады:

а) қосу сымдарының кедергілері:

$$r_n = \frac{l}{\gamma \cdot S}, \quad (1.1)$$

мұнда,  $l$ -тоқ трансформаторынан релеге дейінгі сымның ұзындығы, м;

$S$  – сым қимасы (кәбіл сымдары), мм<sup>2</sup>;

$\gamma$  – меншікті өткізгіштік, м/Ом мм<sup>2</sup>, мыс үшін-57 тең, алюминий үшін-34,5.

б) Реленің толық кедергісі әдетте каталогтар мен анықтамалардан тұтынылатын қуат  $S$  арқылы анықталады:

$$Z_p = \frac{S}{I^2}, \quad (1.2)$$

мұнда,  $S$  – тұтынатын қуат, ВА;

$I$  – тұтынылатын қуат арқылы алынатын тоқ, А.

#### 1.4 Шектік сызық бойынша 10% толық қателік сызығына тексеру

Арнайы шектік еселік қисық:

$$K_{10} = \frac{I_{1.ecen}}{I_{1.ном.ТА}}, \quad (1.3)$$

мұнда,  $I_{1.ном.ТА}$  – тоқ трансформаторының біріншілік номиналды тоғы;

$I_{1.ecen}$  – ТТ жұмысы қателігі 10% аспайтын жұмысты қамтамасыз ететін біріншілік есептік тоқ.  $I_{1.ecen}$  мәні әртүрлі типтегі релелік қорғаныс үшін бөлек таңдалады:

а) уақыт ұстанымының сипаттамасы тәуелсіз тоқтық қорғаныс үшін, және де уақыт ұстанымы жоқ тоқтық үзінді үшін:

$$I_{1.ecen} = 1,1 \cdot I_{cз}; \quad (1.4)$$

б) бойлық дифференциалды қорғаныс үшін (трансформаторлар, генераторлар, шиналар, желілер)  $I_{есеп.}$  мәні сыртқы ҚТ (өтпелі) тоғының ең жоғары шамасына тең болып алынады;

### 1.5 Тоқ трансформаторын есептік тексеру

Есептік тексеру келесі тізбекте орындалды:

а) шектік еселік сызықтың шамасы  $K_{10}$  (1.3) формуламен анықталады;

б) ТТ типіне, орам класына және трансформация коэффициентіне сай шектік еселік сызық таңдалады (1.1, 1.2 сурет) [6].

Тоқ трансформаторының номиналды тоғы арнайы шкала бойынша таңдалады (1.1 кесте). ТТ номиналды тоғы фидердің номиналды тоғына тең немесе соған жақын мән болуы қажет.

ТТ шектік еселік қисығы 1.1, 1.2 суретте келтірілген;

1.1 кесте— Тоқ трансформаторларының шкаласы

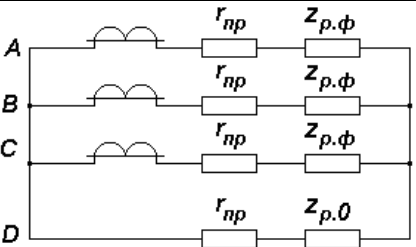
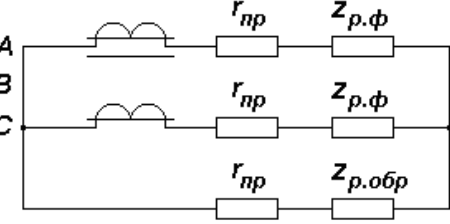
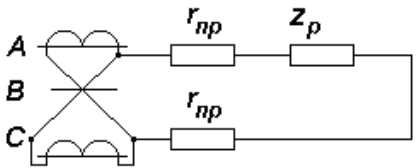
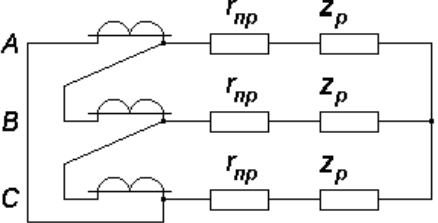
ТПЛ-10К	15	20	30	40	50	60	100	150	200	250	300	400	600	800	1000	1500
ТФНД-35М	20	30	40	50	60	100	150	200	250	300	400	600	800	1000	1500	2000

в) 1.4 пункттегі  $K_{10}$  шамасы үшін 1.1, 1.2 суреттен шектік еселік қисыққа сәйкес екіншілік жүктеме кедергісінің  $Z_{н.рұқ.}$  рұқсат етілген мәні анықталады. Бұл кезде  $Z_{н.рұқ.}$  — толық қателік  $\varepsilon=10\%$ , ал тоқтық  $f_{ТА} -10\%$  аз.

г)  $Z_{н.рұқ.}$  ТТ жүктемесіндегі кедергінің жоғарылау есептік шамасымен салыстырылады.

$Z_{н.есеп.}$  1.2 кестеде келтірілген формулалар арқылы сұлба түріне және ҚТ түріне байланысты есептеледі. Егер  $Z_{н.есеп.} \leq Z_{н.рұқ.}$ , онда  $\varepsilon < 10\%$ .

1.2 кесте

№ пп	Тоқ трансформаторының және екіншілік жүктеменің қосылу сұлбасы	қ.т. түрі
1		Үш фазалы және екі фазалы
		Бір фазалы
2		Үш фазалы
		Екі фазалы <i>AB</i> немесе <i>BC</i>
		Екі фазалы трансформатордан кейінгі $Y / \Delta - 11$
3		Үш фазалы
		Екі фазалы <i>AC</i>
		Екі фазалы <i>AB</i> немесе <i>BC</i>
4		Үш фазалы және екі фазалы: екі фазалы трансформатордан кейінгі $Y / \Delta - 11$
		Бір фазалы

∞

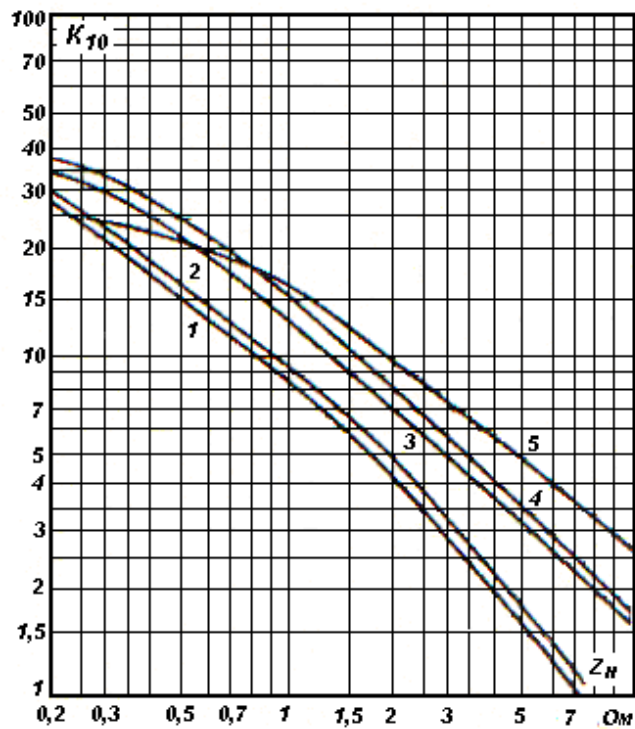
1.3 кесте – Бастапқы берілгендер

Аты жөнінің бірінші әрпі	А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М, Н									
<i>Сынақ кітапшасының соңғы саны</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ТТ қосылу сұлбасы	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Қосу кабелінің ұзындығы, м	50	60	70	75	80	85	90	100	110	115
Кабель жиласының қимасы, мм <sup>2</sup>	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Өтпелі контактілердің кедергісі	0,05	0,05	0,06	0,56	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06
А және С фазасындағы реленің кедергісі $Z_{p.A} = Z_{p.C}$	1,2	1	0,9	1,3	0,8	0,7	0,5	1,1	0,6	0,7
В фазасындағы реленің кедергісі, $Z_{p.B}$	0,8	0,7	0,5	0,7	0,6	-	-	-	-	-
Кері сымдағы реленің кедергісі	0,7	0,8	0,9	0,65	0,75	0,7	0,8	0,9	0,65	0,7 5
<i>Сынақ кітапшасының соңғы санының алдыңғысы</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кабель материалы	Cu	Cu	Cu	Al	Al	Al	Al	Cu	Cu	Cu
Фидердің номиналды тоғы	400	450	430	500	550	750	800	730	740	700
$I_{кз} = I_{1есен.}$	2400	2460	2500	3000	3200	4500	4600	4500	4650	4400
Тоқ трансформато- рының типі	ТПЛ -10к	ТПЛ -10к	ТПЛ -10к	ТПЛ -10к	ТПЛ -10к	ТПЛ -10к	ТПЛ -10к	ТПЛ -10к	ТПЛ- 10к	ТПЛ -10к



1.4 кесте – Бастапқы берілгендер

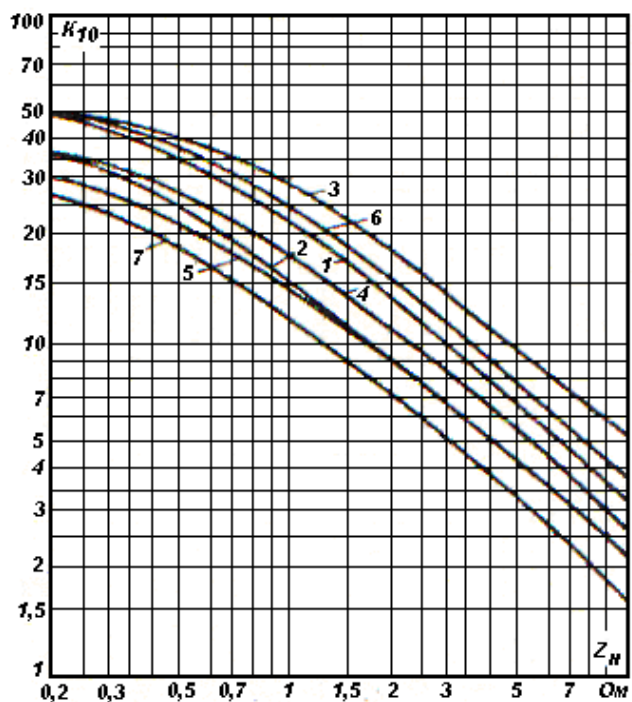
Аты жөнінің бірінші әрпі	О, П, Р, С, Т, У, Ф, Х, Ц, Ч, Ш, Щ, Ю, Я									
<i>Сынақ кітапшасының соңғы саны</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ТТ қосылу сұлбасы	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Қосу кабелінің ұзындығы, м	35	40	45	50	75	80	85	90	100	110
Кабель жиласының қимасы, мм <sup>2</sup>	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Өтпелі контактілердің кедергісі	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06
А және С фазасындағы реленің кедергісі $Z_{p.A} = Z_{p.C}$	1,3	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,7	0,6	0,8	0,9
В фазасындағы реленің кедергісі, $Z_{p.B}$	-	-	-	-	-	0,4	0,5	0,8	0,6	0,7
<i>Сынақ кітапшасының соңғы санының алдыңғысы</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кабель материалы	Al	Al	Al	Al	Al	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
Фидердің номиналды тоғы	100	150	120	300	165	130	120	110	95	150
$I_{кз} = I_{1ecen}$	800	1200	1000	1600	1200	1000	600	800	700	900
Тоқ трансформаторының типі	ТФ НД-35М	ТФ НД-35М	ТФ НД-35М	ТФ НД-35М	ТФ НД-35М	ТФ НД-35М	ТФ НД-35М	ТФ НД-35М	ТФ НД-35М	ТФ НД-35М



ТПЛ – 10К

1 –  $K_{Т.НОМ} = 5/5 \div 60/5$ ; 2 –  $K_{Т.НОМ} = 100/5 \div 400/5$ ; 600/5; 3 –  $K_{Т.НОМ} = 800/5$ ;  
 4 –  $K_{Т.НОМ} = 1000/5$ ; 5 –  $K_{Т.НОМ} = 1500/5$ .

1.1 сурет



ТФНД – 35М

1 –  $K_{Т.НОМ} = 15/5 \div 600/5$  класс  $P_1$ ; 2 –  $K_{Т.НОМ} = 15/5 \div 600/5$  класс 0,5;  
 3 –  $K_{Т.НОМ} = 800/5$ ; 1000/5; 2000/5; класс  $P_1$ ; 4 –  $K_{Т.НОМ} = 800/5$ ; класс 0,5;  
 5 –  $K_{Т.НОМ} = 1000/5$ ; 2000/5; класс 0,5; 6 –  $K_{Т.НОМ} = 1500/5$  класс  $P_1$  и  $Z_2$ ;  
 7 –  $K_{Т.НОМ} = 1500/5$  класс 0,5.

1.2 сурет

## 2 №2 есептік- сызба жұмыс. ҚТ тоғын және трансформатордың дифференциалды қорғанысын есептеу

### 2.1 Тапсырма

2.1.1 Тапсырманың нөмірін келесі көрсеткіштер арқылы алады: сынақ кітапшасының соңғы және оның алдындағы саны бойынша 2.1, 2.2 кестеден алады.

2.1.2 Тоқтық үзіндіні, БТҚС трансформаторының дифференциалды қорғанысын есептеуге, МТҚ және қорғанысты сезімталдыққа тексеру үшін, (үш және екі фазалық ҚТ) К-2 – К-4 нүктесіндегі ҚТ тоқтарын есептеуді жүргізу қажет. (Трансформатордың техникалық мәліметтері А қосымшаның А-1 кестесінде келтірілген).

2.1.3 Қорғаныстың толық принципіалды сұлбасын таңдау және сызу, дифференциалды реле мен тоқтық ұстанымдардың, қорғаныстың сезімталдығын, максималды тоқтық қорғаныстың (МТҚ) уақыт ұстанымының есептеулерін жүргізу. Барлық есептеулер біткен соң тоқтық қорғаныстың селективтілік картасын тұрғызу қажет. Тапсырманың негізгі шамалары 2.1, 2.2 кестеде келтірілген (2.1 және 2.2 сурет).

ЕГЖ қорғаныс сұлбасы бар түсіндірмелік жазба кіреді.

ПУЭ сай қуаты 6,3 МВА БТҚС трансформаторларында қорғаныс пен автоматиканың келесі түрлері қойылады:

- а) бойлық дифференциалды қорғаныс;
  - б) газдық қорғаныс;
  - в) жоғары кернеу жақтағы уақыт ұстанымы бір немесе екі уақыт ұстанымы максималды тоқ қорғанысы;
  - г) асқын жүктеме кезінде сигналға әсер етуші тоқтық қорғаныс;
  - д) жүктелген трансформатордың кернеуін автоматты түрде реттеу.
- 6-10 кВ жинақтау шиналарының секциялық ажыратқышының АРҚ:
- а) АРҚ қызметінің уақытында енгізілетін, уақыт ұстанымы жоқ максималды тоқтық қорғаныс (тоқтық үзінді),
  - б) 6-10 кВ секциялық ажыратқышының АРҚ.

Тоқтық қорғанысты есептеу үшін жүктеме тоғын қорғалатын элементтің (трансформатор, қозғалтқыш) номиналды қуаты, кабельдік желінің рұқсат етілген тоғы арқылы таңдауға болады, ал максималды тоқ эксплуатация кезіндегі асқын жүктеменің 2-3 есе жоғары етіп алады. Тоқ трансформаторын қорғалатын элементтің ( $I_n = 76 \text{ А}$ ,  $K_r = 100/5 - 150/5$ ) номиналды элементінен есе асырып алуға болады.

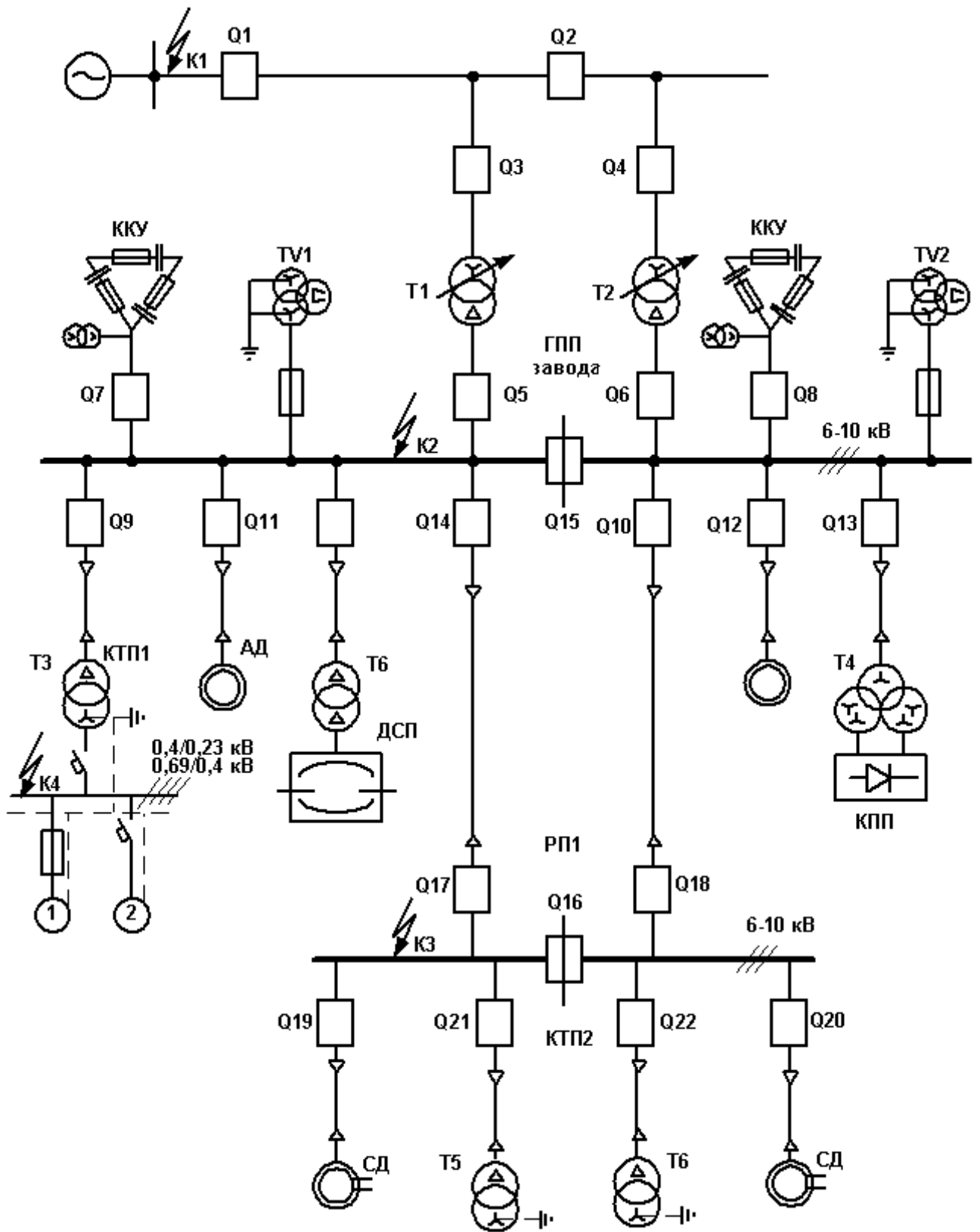
Селективтілік картасы тоқтық қорғаныстар (МТҚ және ТҮ) үшін жасалады, бұл кезде кернеуі 0,4(0,69)–6(10)–35(220) кВ электрмен жабдықтау жүйесінің кезекті элементтері қорғанысының сызбалық уақыттық тоқтық сипаттамалары келісіліп жасалады.

2.1 кесте – Электрмен жабдықтау жүйесіндегі элементтердің параметрлері

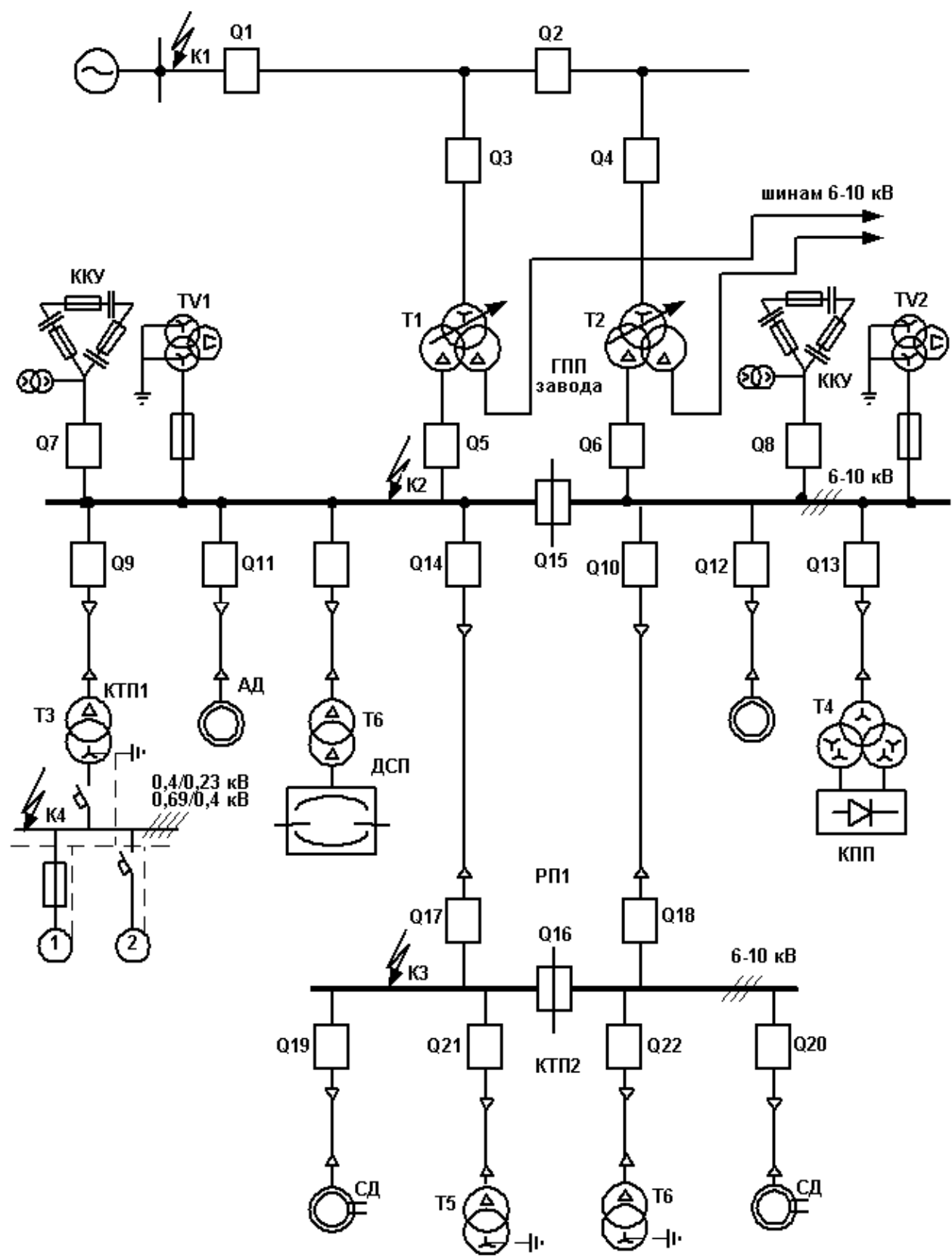
Электрмен жабдықтау жүйелерінің элементтері	А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, Я, Ү									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Зауытты электрмен жабдықтаудың сұлбасы, 2.1-2.2 сурет	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Жүйенің қуаты, МВА	600	700	800	900	∞	1000	∞	950	800	∞
ҚТ қуаты, МВА	700	850	950	1000	1200	950	1200	1100	900	1500
Жүйенің кернеуі, кВ	37	37	115	115	115	115	220	115	37	220
БТҚС трансформаторларының қуаты*, МВА	6,3	10	16	10	16	25	40	40	25	63
Асинхронды, синхронды қозғалтқыштар (6)10 кВ, кВт	630	1000	800	1250	1600	2000	2500	2000	1600	2500
<i>Сынақ кітапшасының соңғы санының алдыңғысы</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
АТП-1-БТҚС кәбелді желісі ААБ 10(6) – (3x240), км	1,2	1,5	1,7	2,0	1,0	0,8	1,4	1,1	1,6	2,0
Жүйенің қ/ст зауыт БТҚС дейінгі қашықтық, км	10	15	20	25	8	17	32	22	18	30
БТҚС жинақ шиналарындағы кернеу, кВ	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Цех трансформаторларының қуаты, кВА	630	1000	1600	2500	630	1000	1600	1000	1600	2500
Цех қ/ст екіншілік кернеуі, кВ	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Асинхронды қозғалтқыштар 0,4(0,69)кВ АД1/АД2, кВт	$\frac{7,5}{55}$	$\frac{11}{110}$	$\frac{15}{132}$	$\frac{22}{132}$	$\frac{37}{75}$	$\frac{37}{90}$	$\frac{30}{160}$	$\frac{7,5}{37}$	$\frac{18,5}{45}$	$\frac{75}{160}$

2.2 кесте – Электрмен жабдықтау жүйесіндегі элементтердің параметрлері

<i>Электрмен жабдықтау жүйелерінің элементтері</i>	<i>Сынақ кітапшасының соңғы саны</i>									
	М, О, Н, П, Р, Т, У, Ф, С, Ч, Х, Ц, Ш, Щ, Э, Ю									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Зауытты электрмен жабдықтаудың сұлбасы, 2.1-2.2 сурет	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Жүйенің қуаты, МВА	600	700	800	900	∞	1000	∞	950	800	∞
ҚТ қуаты,, МВА	700	850	950	1000	1200	950	1200	1100	900	1500
Жүйенің кернеуі, кВ	37	37	115	115	115	115	220	115	37	220
БТҚС трансформаторларының қуаты*, МВА	6,3	10	16	10	16	25	40	40	25	63
Асинхронды, синхронды қозғалтқыштар (6)10 кВ, кВт	630	1000	800	1250	1600	2000	2500	2000	1600	2500
<i>Сынақ кітапшасының соңғы санының алдыңғысы</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
АТП-1-БТҚС кәбелді желісі ААБ 10(6) – (3x240), км	1,2	1,5	1,7	2,0	1,0	0,8	1,4	1,1	1,6	2,0
Жүйенің қ/ст зауыт БТҚС дейінгі қашықтық, км	10	15	20	25	8	17	32	22	18	30
БТҚС жинақ шиналарындағы кернеу, кВ	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Цех трансформаторларынның қуаты, кВА	630	1000	1600	2500	630	1000	1600	1000	1600	2500
Цех қ/ст екіншілік кернеуі, кВ	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Асинхронды қозғалтқыштар 0,4(0,69)кВ АД1/АД2, кВт	$\frac{7,5}{55}$	$\frac{11}{110}$	$\frac{15}{132}$	$\frac{22}{132}$	$\frac{37}{75}$	$\frac{37}{90}$	$\frac{30}{160}$	$\frac{7,5}{37}$	$\frac{18,5}{45}$	$\frac{75}{160}$



2.1 сурет – Өндірістік кәсіпорынның электрмен жабдықтау сұлбасы



2.2 сурет – Өндірістік кәсіпорынның электрмен жабдықтау сұлбасы

## 2.3 Трансформатордың қорғанысын есептеуге арналған әдістемелік нұсқаулар

### 2.2.1 Қысқа тұйықталу тоқтарын есептеу.

БТҚС трансформаторларының дифференциалды қорғанысының тоқтық үзіндісін есептеу үшін және таңдалған тоқтық қорғанысты сезімталдыққа тексеру үшін, алдын-ала К-2-К4 нүктелеріндегі қысқа тұйықталу тоғын (үш және екі фазалы ҚТ) есептеу қажет. БТҚС, БТП және АП жинақтаушы шиналарының секциялы ажыратқыштары қалыпты қоректену режимінде ажыратылған және БТҚС трансформаторлары мен қоректендіру желілері бөлек жұмыс жасайтынын есепке алып орынбасу сұлбасын жасайды.

Орынбасу сұлбасы электрлік және магниттік (трансформаторлық) байланыстары электрлік кедергімен көрсетілген есептік сұлбаны көрсетеді. Үш фазалы ҚТ тоқтарын есептеу кезінде өндіруші көздер (энергожүйе, генераторлар, электр қозғалтқыштар) орынбасу сұлбасына сәйкес ЭҚК енгізіледі, ал ҚТ тоғы өтетін пассивті элементтер индуктив ретінде және де қажет болған жағдайда активті кедергілермен енгізіледі.

Есептеулерді аталған немесе салыстырмалы бірліктерде есептеуге болады. Салыстырмалы бірлік әдісін қолданамыз.

Базистік қуат қабылданады:

$$S_{баз}=1000 \text{ МВА.}$$

Энергожүйенің ЭҚК:

$$E_c^*=1 \text{ ш.б.}$$

Энергожүйенің орынбасу сұлбасының шамалары есептеледі:

1) Жүйенің кедергісі

$$X_{ж}^* = \frac{S_{ж}}{S_{к.т.}}, \quad (2.1)$$

$$X_{ж}^* = \frac{S_{баз}}{S_{к.т.}}, \quad S_{ж} = \infty. \quad (2.2)$$

2) Кәбелдік желінің ЭЖЖ кедергісі:

$$X_{ж}^* = X_{мен.} \cdot L \cdot \frac{S_{баз}}{U_{opt}^2}, \quad (2.3)$$

мұнда,  $X_{мен.} = 0,4 \text{ Ом/км}$  6-220 кВ әуелік желі үшін;



$X_{мен.} = 0,08$  Ом/км 6-10 кВ үш сымдық кәбіл үшін.

3) БТҚС, ТҚС трансформаторларының кедергісін анықтаймыз

$$X_{mp}^* = \frac{U_{к.т.}}{100} \cdot \frac{S_{баз}}{S_{ном.тр.}} \quad (2.4)$$

К-1 – К-4 ҚТ нүктесіне дейінгі кедергіге байланысты, ҚТ тізбектің қорытындыланған кедергісін  $X_{кор.}$  анықтаймыз

Базистік тоқ есептеледі:

$$I_{баз} = \frac{S_{баз}}{\sqrt{3} \cdot U_{орт}} \quad (2.5)$$

ҚТ тоғы салыстырмалы бірлікте есептеледі:

$$I_{к.т.}^* = \frac{E_{ж}^*}{X_{кор.}^*} \quad (2.6)$$

Үш фазалы ҚТ тоғы аталған бірліктерде анықталады:

$$I_{к.т.}^{(3)} = I_{к.т.}^* \cdot I_{баз} \quad (2.7)$$

Тоқтық қорғаныстың сезімталдығын тексеру үшін екі фазалық ҚТ анықталуы:

$$I_{к.т.}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{к.т.}^{(3)} \quad (2.8)$$

2.2.2 Трансформаторлардың бойлық дифференциалды қорғанысы ( $S_{тр.ном.} \geq 6,3$  МВА).

Трансформатор шығысындағы зақымдалудан қорғаныс үшін, және де ішкі зақымдалуларда (фазалар арасындағы, жерге ҚТ және бір фазаның орамының тұйықталуы) дифференциалды қорғаныс қойылады [3].

Анықталады:

а) күштік трансформатордың жоғары жағындағы біріншілік номиналды тоғы анықталады:

$$I_{ЖК.ном} = \frac{S_{тр.ном.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ЖК.ном}}; \quad (2.9)$$

б) күштік трансформатордың төменгі жағындағы біріншілік номиналды тоғы:

$$I_{TK.НОМ} = \frac{S_{тр.НОМ.}}{\sqrt{3} \cdot U_{TK.НОМ}}; \quad (2.10)$$

в) тоқ трансформаторларының трансформация коэффициенттері:

$$n_{ЖК.ТА} = \frac{I_{ЖК.НОМ}}{5} \sqrt{3}; \quad n_{TK.ТА} = \frac{I_{TK.НОМ}}{5}. \quad (2.11)$$

Тоқ трансформатор орамдарының қосылу сұлбасы Т - Y/Δ. Фаза бойынша екіншілік тоқтарды теңестіру үшін тоқ трансформаторының қосылу сұлбасын жоғары жақта – Δ, ал төменгі жақта – Y қабылдаймыз. Сұлба коэффициенті:

$$K_{ЖК.с.} = \sqrt{3}, K_{TK.с.} = 1;$$

г) дифференциалды қорғаныстың иығындағы екіншілік номиналды ток:

$$i_{ЖК.НОМ} = \frac{I_{ЖК.НОМ} \cdot K_{ЖК.с.}}{n_{ЖК.ТА}}; \quad i_{TK.НОМ} = \frac{I_{TK.НОМ} \cdot K_{TK.с.}}{n_{TK.ТА}}, \quad (2.12)$$

*үлкен шама ретінде* дифференциалды қорғаныстың негізгі жағы қабылданады және барлық есептеулер негізгі жаққа келтіріледі;

д) РНТ-565 дифференциалды релесі арқылы іске қосылу тоғын алдын ала есептеу:

1) іске қосылу тоғын  $I_{қэ}$  таңдаудың бірінші шарты жүктелмеген трансформаторды кернеуге қосып магниттелу тоғынан алынуы:

$$I_{қэ} = K_{б} \cdot I_{нег.тр.ном.}, \quad (2.13)$$

мұнда,  $K_{б} = 1,5$  – беріктік коэффициенті;

$I_{нег.тр.ном}$  – негізгі жаққа келтірілген, күштік трансформатордың номиналды тоғы.

2) іске қосылу тоғын  $I_{қэ}$  таңдаудың екінші шарты баланс емес тоғынан алынуы  $I_{баланс емес}$ .

$$I_{қэ} = K_{б} \cdot I_{баланс емес}, \quad (2.14)$$

мұнда,  $K_{б} = 1,3$  беріктік коэффициенті.

$$I_{баланс емес} = I'_{баланс емес} + I''_{баланс емес} + I'''_{баланс емес}, \quad (2.15)$$

3) Дифференциалды қорғаныстың қойылымын есептеудің бірінші кезеңінде (2.14) бойынша  $I'''$  баланс емес есептелмейді, яғни

$$I_{кз} = K_b \cdot (I'_{\text{баланс емес}} + I''_{\text{баланс емес}}), \quad (2.15)$$

мұнда,  $I'_{\text{баланс емес}}$  – дифференциалды қорғанысты қоректендіретін, ток трансформаторының қателігімен шартталатын (магниттелу тоғы), баланс емес тоқтың құраушысы:

$$I'_{\text{баланс емес}} = K_a \cdot K_{\text{мин}} \cdot \varepsilon \cdot I_{к.т.макс}^{(3)}, \quad (2.16)$$

мұнда  $K_a=1$  – өтпелілікті санайтын коэффициент (апериодтық құраушы) БНТ релесі үшін;

$K_{\text{мин}}=1$  – ток трансформаторларының бір типтілігін есепке алатын, коэффициент;

$\varepsilon=0,1$  – ток трансформаторларының 10% қателігін есепке алатын коэффициент;

$I_{к.т.макс}^{(3)}$  – трансформатордың негізгі жағына келтіріліген, трансформатордан кейінгі ҚТ тоғының максималды мәні

$I''_{\text{баланс емес}}$  – қорғалған трансформатордың кернеуін реттеумен шартталған баланс емес тоғының құраушысы:

$$I''_{\text{баланс емес}} = \frac{\pm \Delta N}{100} I_{к.т.макс}^{(3)}, \quad (2.17)$$

мұнда  $\pm \Delta N$  – кернеуді реттеудің толық ауқымы;

$I_{к.т.макс}^{(3)}$  – трансформатордың негізгі жағына келтіріліген, трансформатордан кейінгі ҚТ тоғының максималды мәні.

(2.13) и (2.14) формуламен анықталатын, әсер ету қорғанысы тоғының есептік шамасы ретінде жоғары шама алынады;

4) қорғаныстың әсер ету аумағында бұзылу кезіндегі сезімталдығы алдынала тексеріледі:

$$K_c = \frac{I_{к.т.мин.}}{I_{к.а}}, \quad (2.18)$$

мұнда  $I_{к.т.мин.}$  – негізгі жаққа келтіріліген ҚТ тоғының минималды мәні (әдетте қорғаныс аумағында екі фазалы).

ПУЭ сай 2 төмен емес сезімталдық коэффициентін қамтамасыз ету керек. Егер трансформатор қуаты 80 МВА және қорғаныстың күрделілігімен

байланысты болса, қажетті сезімталдық коэффициенті 1,5 төмендеуіне рұқсат етіледі.

*Бұл есептік-сызбалық жұмыста сезімталдық коэффициентіне қарамастан қорғанысты РНТ-565 релесінде есептеу қажет, егер сезімталдық коэффициенті қажетті мәнінен аз болса да есептеуді жалғастыру қажет;*

е) РНТ-565 релесіндегі орам санын анықтау:

1) иығында үлкен тоғы бар жаққа жатқызылған реленің әсер ету тоғы анықталады (*негізгі жақ*):

$$I_{p.k.} = \frac{I_{к.а}}{n_{ТА.нег.}} K_{нег.с.} \quad (2.19)$$

2) негізгі жақтағы реле орамаларының есептік орам саны анықталады:

$$W_{нег.есеп.} = \frac{F_{p.k.}}{I_{p.k.}}, \quad (2.20)$$

мұнда  $F_{с.p.} = 100 \pm 5$  Ампер×орам-магнит қозғаушы күш (РНТ-565 релесі үшін).

Алынған орам саны орамдардың ең төменгі санына жақындатылады, оларды РНТ-565 ( $W_{нег.кой.}$ ) релесіне қоюға болады;

3) қорғаныстың негізгі емес жақтың орамаларының орам саны анықталады:

$$W_{нег.емес.есеп.} = \frac{W_{нег.} \cdot i_{ном.нег.}}{i_{ном.нег.емес.}}, \quad (2.21)$$

мұнда  $i_{н1}$  – *негізгі жақтың* екіншілік номиналды тоғы;

$i_{н2}$  – қорғаныстың *негізгі емес иығындағы* екіншілік номиналды тоғы;

алынған мәнді негізгі емес жағындағы орам саны бөлшек сан болғандықтан, жақын аз сан алынады ( $W_{нег.емес.}$ );

4) баланс емес тоғы анықталады.

баланс емес тоғының құраушысы, орауыштардың орамдарындағы есептік бүтін сандарының РНТ (ДЗТ) реле коммутаторындағы қондырғының дәл еместігінен шартталған:

$$I_{балансемес}''' = \frac{W_{нег.емес.есеп.} - W_{нег.емес.}}{W_{нег.емес.есеп.}} \cdot I_{к.т.магн.рел.}^{(3)}, \quad (2.22)$$

мұнда,  $W_{нег.емес\ есеп.}$ ,  $W_{нег.емес.}$  – сәйкесінше негізгі емес жақтағы РНТ релесінің орамаларының есептік және қойылған орам сандары

$I_{кт..макс}^{(3)}$  – трансформатордың негізгі жағына келтіріліген, трансформатордан кейінгі ҚТ тоғының максималды мәні;

*Егер минус таңбасындағы сан шықса, онда модульдің саны алынады;*

5) толық баланс емес тоғы (2.15) бойынша табылады;

6) Іске қосылу тоғын (2.14) формула бойынша тексереміз.

Тексерілген іске қосылу қорғаныс тоғын алдыңғы табылған мәнмен салыстырамыз. Егер іске қосылу тоғы көбейсе  $I_{қә}$  жаңа мәнін қойып (2.19) формуладан бастап қайта есептеу қажет. Егер іске қосылу тоғы азайса (2.20) формула бойынша сезімталдыққа тексереміз;

7) РНТ-565 релесінің дифференциалды және теңестіру орауыштарының орам санын анықтау.

Дифференциалды орам санының саны:

$$W_{диф} = W_{нег.} \quad (2.23)$$

Теңестіру орамдарының орам саны:

$$W_m = W_{нег.емес} - W_{нег.} \quad (2.24)$$

2.2.3 Қалыпты емес режимдер және олардан қорғану.

а) Қалыпты емес режимдердің қорғанысы ретінде максималды ток қорғанысы қолданылады (МТҚ).

МТҚ трансформатордың жоғары жағына қойылады, резервті қорғаныс болып табылады және ҚТ кезінде уақыт ұстанымымен әсер етеді.

МТҚ іске қосылу тоғы жүктемеден (іске қосылмау) жылжу шартынан таңдалады. Асқын жүктеме тоғы әдетте 2 режимді қарастырғанда анықталады:

1) параллель жұмыс жасап тұрған трансформаторды ажырату

$$I_{макс.жүк.} = 2 \cdot I_{ном.тр.ЖК}; \quad (2.25)$$

2) АРҚ әсерінен жүктеменің автоматты қосылуы

$$I_{жұм.макс} = I_1 + I_2 \approx 0,7 \cdot (I_{ном.тр.ЖК1} + I_{ном.тр.ЖК2}), \quad (2.26)$$

мұнда  $I_2$  – қосылған жүктеменің қойылған тоғы.

Сондықтан өзі қосылу кезіндегі тоқ бірінші сәтте жоғары болады.

Қорғаныстың әсер ету тоғы мына формуламен анықталады:

$$I_{ка} = \frac{K_6 K_{ок}}{K_{кай.}} I_{макс.жум.}, \quad (2.27)$$

мұнда  $K_6 = 1,1 \div 1,2$  РТ-40 үшін;

$K_{ок} = 2,5$  – жалпыланған жүктеменің өзі іске қосылу коэффициенті;

$K_{кай.} = 0,85$  – реленің қайту коэффициенті.

Екінші бөлімнің соңындағы (К2) ҚТ кезіндегі сезімталдық коэффициенті

$$K_c = \frac{I_{кт.мин}}{I_{ка}} \geq 1,5. \quad (2.29)$$

Уақыт ұстанымы трансформатордан қоректенетін қорғаныс қосылуларының ең жоғары уақыт ұстанымының  $t_{п}$  селективтілігі шартынан таңдалады.

Уақыт ұстанымы трансформатордан қоректенетін қорғаныс қосылуларының ең жоғары уақыт ұстанымының  $t_{п}$  селективтілігі шартынан таңдалады.

$$t_T = t_{п} + \Delta t;$$

3) сигналға әсер ететін, асқын жүктемеден қорғаныс.

Әсер ету тоғы трансформатордың номиналды тоғындағы реленің қайту шартына байланысты таңдалады:

$$I_{ка} = \frac{K_n}{K_{кай.}} I_{ном.тр.ЖК}, \quad (2.30)$$

мұнда  $K_6 = 1,05$ ,  $K_k = 0,8 \div 0,85$ .

Асқын жүктемеден қорғаныстың әсер ету уақыты МТҚ бір сатыға жоғары таңдалады

$$t_{пер} = t_{мтқ} + \Delta t.$$

### 3 №3 есептік-сызба жұмыс. Цех трансформаторларының қорғанысын есептеу

#### 3.1 Тапсырма

3.1.1 Тапсырманың нөмірін келесі көрсеткіштер арқылы алады: сынақ кітапшасының соңғы және оның алдындағы сан бойынша №2 ЕГЖ 2.1, 2.2 кестеден алады.

3.1.2 Цех трансформаторының МТҚ және тоқ үзіндісін есептеуді жүргізу. (трансформатордың техникалық мәліметтері Б қосымшасының Б-1 кестесінде берілген).

#### 3.2 Трансформатордың тоқтық үзіндісі

Тоқ трансформаторының номиналды тоғын есептеу:

$$I_{ном.тр.ЖК} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.орт}}. \quad (3.1)$$

Іске қосылу тоғының таңдалуы:

а) К2 нүктесіндегі трансформатордан кейінгі максималды ҚТ тоғынан алынады:

$$I_{қэ} = K_{б} \cdot I_{к.макс.}^{(3)} \quad (3.2)$$

мұнда  $K_{б} = 1,1-1,3$  – алыну коэффициенті;

б) трансформатрды кернеу бар кезде қосқанда пайда болатын магниттелу тоғынан алынуы:

$$I_{қэ} = K_{б} \cdot I_{ном.тр.ЖК}, \quad (3.3)$$

мұнда  $K_{б} = 3-5$ , РТ-40 релесі үшін.

#### 3.3 Қалыпты емес режімдер және олардан қорғану

а) Максималды тоқ қорғанысы (МТҚ).

МТҚ трансформатордың жоғары жағына қойылады, резервті қорғаныс болып табылады және ҚТ кезінде уақыт ұстанымымен әсер етеді.

МТҚ іске қосылу тоғы жүктемеден (іске қосылмау) жылжу шартынан таңдалады. Асқын жүктеме тоғы әдетте жүктеме автоматты түрде АРҚ кезінде анықталады:

$$I_{жұм.макс} = I_1 + I_2 \approx 0,7 \cdot (I_{ном.тр.ЖК1} + I_{ном.тр.ЖК2}), \quad (3.4)$$

мұнда  $I_2$  – қосылған жүктеменің қойылған тоғы  
Сондықтан өзі қосылу кезіндегі тоқ бірінші сәтте жоғары болады.  
Қорғаныстың әсер ету тоғы мына формуламен анықталады:

$$I_{ка} = \frac{K_{\sigma} K_{ок}}{K_{кай.}} I_{жұм.макс.}, \quad (3.5)$$

мұнда  $K_{\gamma_3} = 1,1 \div 1,2$  РТ-40 үшін;

$K_{ок} = 2,5$  – жалпыланған жүктеменің өзі іске қосылу коэффициенті;

$K_{кай.} = 0,85$  – реленің қайту коэффициенті.

Екінші бөлімнің соңындағы (К2) ҚТ кезіндегі сезімталдық коэффициенті

$$K_c = \frac{I_{кг.мин}}{I_{ка}} \geq 1,5. \quad (3.6)$$

Уақыт ұстанымы трансформатордан қоректенетін қорғаныс қосылуларының ең жоғары уақыт ұстанымының  $t_{п}$  селективтілігі шартынан таңдалады

$$t_T = t_{II} + \Delta t.$$

3) сигналға әсер ететін, асқын жүктемеден қорғаныс

Әсер ету тоғы трансформатордың номиналды тоғындағы реленің қайту шартына байланысты таңдалады:

$$I_{ка} = \frac{K_{\sigma}}{K_{кай.}} I_{ном.тр.ЖК}, \quad (3.7)$$

мұнда  $K_{\gamma_3} = 1,05$ ,  $K_k = 0,8 \div 0,85$ .

Асқын жүктемеден қорғаныстың әсер ету уақыты МТҚ бір сатыға жоғары таңдалады:

$$t_{пер} = t_{мтқ} + \Delta t.$$



**4 №4 есептік- сызба жұмыс. Жоғары кернеудегі қозғалтқыштардың қорғанысын есептеу және төменгі кернеудегі қозғалтқыштарды қорғау үшін төменгі кернеудегі автоматтар мен сақтандырғыштар таңдау**

#### **4.1 Тапсырма**

4.1.1 Тапсырманың нөмірін келесі көрсеткіштер арқылы алады: сынақ кітапшасының соңғы және оның алдындағы саны бойынша №2 ЕГЖ 2.1, 2.2 кестеден алады.

4.1.2 Жоғары кернеудегі қозғалтқыштардың қорғанысын есептеу қажет.

4.1.3 Төменгі кернеудегі қозғалтқыштарды қорғау үшін автоматтар мен сақтандырғыштар таңдау.

#### **4.2 1000В жоғары асинхронды және синхронды қозғалтқыштарды қорғауды есептеуге арналған әдістемелік нұсқаулар**

4.2.1 Тоқ үзіндісі.

Қуаты 5000 кВт электр қозғалтқыштарын фаза арасындағы ҚТ қорғау үшін тоқ үзіндісі (ТҮ) қолданылады. (Қозғалтқыштардың техникалық мәліметтері В қосымшасының В-1 кестесінде).

Тоқ үзіндісі қорғанысының біріншілік әсер ету тоғы қосылу тоқтарының периодтық құрауыштарынан жылжу шартынан таңдалады.

$$I_{ка} = K_{\sigma} \cdot I_{қос.}, \quad (4.1)$$

мұнда  $I_{қос.}$  – В қосымшасының техникалық берілгендерінен алынады. В.1 кесте;

$K_{\sigma} = 1,4 - 1,5$  асинхронды қозғалтқыштар үшін РТ-40 релесімен ТҮ орындалғанда;

$K_{\sigma} = 1,6 - 1,8$  синхронды қозғалтқыштар үшін.

Үзінді релесінің әсер ету тоғының анықталуы:

$$I_{ра} = \frac{I_{ка}}{n_{ТА}} K_c, \quad (4.2)$$

мұнда  $K_c$  – сұлба коэффициенті;

$n_{ТА}$  – тоқ трансформаторының трансформациялау коэффициенті.

Екінші учаскінің соңында болған ҚТ кезінде сезімталдық коэффициентін тексеру (K2)

$$K_c = \frac{I_{кт.мин.}}{I_{ка}} \geq 2. \quad (4.3)$$

#### 4.2.2 Статор орамындағы жерге тұйықталудан қорғаныс.

Егер жерге тұйықталу тоғы 5 А және жоғары болса, электр қозғалтқыштарына бір фазалы жерге тұйықталудан қорғаныс қою міндетті болып табылады. Жерге тұйықталудан қорғаныс электр қозғалтқышының жүйеден ажыратылуына, ал синхронды қозғалтқыштарда егер ол қарастырылса - өрісті автоматты түрде сөндіруге әсер етеді.

Қорғаныс түрлері - РТЗ-51 түріндегі релемен нөлдік тізбектегі тоқтық қорғаныс немесе ЗЗП-1 түріндегі нөлдік тізбектегі бағытталған тоқтық қорғаныс. Бір релелі – РТ-40 түріндегі жерге екі рет тұйықталудан қорғайтын, нөлдік тізбектегі тоқ үзіндісі. Электр қозғалтқышты тарату құрылғысымен қосатын кәбіл саны бесеуден аспайтын болса, ЗЗП-1 түріндегі қорғанысты қосу үшін, РТЗ-51 түріндегі релемен қорғау үшін нөлдік тізбектегі (ТАН) ТЗ, ТЗЛ, ТЗЛМ түріндегі тоқ трансформаторлары қолданылады

Жерге тұйықталудан қорғайтын тоқ релесінің әсер ету қойылымы біріншілік тоқта есептеледі.

РТЗ-51 түріндегі реленің тоқ қорғанысы:

$$I_{қэ} \geq I_{қэ,есеп.} = K_б \cdot K_л \cdot I_э, \quad (4.4)$$

мұнда  $K_{жыл.}$  - жылжу коэффициенті ( $K_{жыл.}=1,2$ );

$K_б$ -өзіндік сыйымдылық тоғының лақтырылуын есепке алатын коэффициент ( $K_б=2,5$ );

$I_c - I_{сд}$  қорғаныс әсерінің зонасына кіретін және электр қозғалтқыштарының өзіндік сыйымдылық тоғының қосылу  $I_{сд}$  және тарату құрылғысымен қосатын желі:

$$I_c = I_{сқ} + I_{сжс}. \quad (4.5)$$

Номиналды қуаты 2,5 – 3 МВт аспайтын электр қозғалтқыштарының (4.3)  $I_{ск}$  ескермеуге болады. Қорғаныс зонасына кіретін кәбелдік желінің өзіндік сыйымдылық тоғы мына формуламен анықталады:

$$I_{сжс} = I_{уэ} \cdot l \cdot m, \quad (4.6)$$

мұнда  $I_{сж}$  – 1 км кәбелдің өзіндік сыйымдылық тоғының шамасы (Д.2 кестені қараңыз)

$l$ -желінің ұзындығы, км;

$m$ - желідегі кәбіл саны.

4.2.3 Асқын жүктеме және асинхронды жүрістен максималды тоқтық қорғаныс (СҚ үшін).

Жүктемеден МТҚ әсер ету тоғы электр қозғалтқыштарының номиналды тоғынан жылжу шартына байланысты қойылады:

$$I_{ка} = \frac{K_{уз.} I_{ном.к.}}{K_{кайт.}}$$
$$I_{ка} = \frac{K_{б} I_{ном.коз.}}{K_{кайт.}}, \quad (4.7)$$

мұнда  $K_{уз} = 1,05$ ;

$K_{кайт} = 0,85$  РТ-40, РТ – 80 релесі үшін.

Қозғалтқыштың қорғанысының уақыт ұстанымы қосылу уақытынан көп болуы қажет (өздігінен қосылу).

Асинхронды режимнен қорғаныс барлық СҚ орнатылады және жүктемеден МТҚ бірлеседі.

4.2.4 Кернеу төмендеуінен қорғаныс.

Осы қорғанысты қоюға негіз беру қажет, принципиалды сұлбасын келтіру керек.

Электр қозғалтқышының өзіндік іске қосылу шартынан қамтамасыз етілген минималды кернеудің қорғанысының қосылу кернеуі

$$U_{ка} = (0,6 - 0,7) \cdot U_{ном}, \quad (4.8)$$
$$t = (1-2) \text{ с.}$$

**4.3 Төменгі кернеулі электр қозғалтқыштарды қорғауды есептеуге арналған әдістемелік нұсқаулар**

Кернеуі 380 немесе 660 В асинхронды қозғалтқыштарын фаза аралық қысқа тұйықталудан қорғау үшін балқығыш қондырмасы бар сақтандырғыштар

немесе электр магниттік ағытқышы бар автоматтар қолданылады. (Қозғалтқыштардың техникалық мәліметтері Г қосымшасының Г1- кестесінде келтірілген).

Сақтандырғыштың балқығыш қондырмасы және автоматтардың қойылымы келесі тізбекте орындалады:

а) сақтандырғыштың  $U_{ном.пр.}$  және автоматтың  $U_{ном.а.}$  жүйедегі кернеуден  $U_c$  төмен болмауы тиіс

$$\begin{aligned} U_{ном.сақт} &\geq U_c, \\ U_{ном.ав.} &\geq U_c; \end{aligned} \quad (4.9)$$

б) сақтандырғыштардың  $I_{аж.шегі}$  ажырату қабілеті қорғалған желіден өтетін ҚТ максималды тоғын ажырата алатындай жоғары болу керек;

в) балқығыш қондырмасының  $I_{ном.кой.}$  және автоматтардың ағытқыштарының  $I_{ав.а.ном.}$  номиналды тоғы қозғалтқыш жүктемесі максималды тоғының ұзақтық режімінен көп немесе тең болуы қажет

$$I_{ном.кой.} \geq I_{ном.қоз.} \quad (4.10)$$

$$I_{ав.аж.ном.} \geq I_{ном.қоз.} \quad (4.11)$$

$$I_{ном} = \frac{P_{ном.қоз.}}{\sqrt{3}U_c \cos \varphi_n \eta_n}; \quad (4.12)$$

г) балқығыш қондырмасының тоғын таңдағанда, қозғалтқыштан өткен қосылу тоғы және қозғалтқыштың өзіндік іске қосылуы тоғы кезінде оның күйіп кету уақыты жоғары болуы қажет. Ол келесі қатынастан анықталады.

$$I_{ном.кой.} \geq \frac{I_{қос.қоз.}}{\alpha}, \quad (4.13)$$

мұнда  $\alpha$  - асқын жүктелу коэффициенті;

$\alpha = 2,5$  жеңілдетілген ( $t_{қосылу} = 2-3$  с);

$\alpha = 1,6 - 2,0$  ауыр жағдайдағы, ( $t_{қосылу} \approx 10$  с) қосылу шарты;

д) ажыратқыштың тоқ үзіндісін электр қозғалтқыштың қосылу тоғынан жылжытады, ол қосылу уақытының ішінде өзгермейтін периодтық құраушыдан және бірнеше период ішінде өзгертін аперидоттық құраушыдан тұрады. Каталогтарда қосылу тоғының  $I_{қос.қозф.}$  периодтық құраушылары ған беріледі.

Электр қозғалтқышын қосқан кездегі үзіндінің іске қосылмауы қосылу тоғын таңдаудағы бейнемен қамтамасыз етіледі

$$I_{y.қ} \geq K_{\delta} \cdot I_{қос.қоз.}, \quad (4.14)$$

мұнда  $K_{\delta}$  – электр қозғалтқыштың номиналды тоғынан жылжытылатын беріктік коэффициенті;

$$I_{қос.қоз.} = (6-7) \cdot I_{ном.қоз.} \quad (4.15)$$

Жақындату есептері үшін электр қозғалтқыштарының қосылу тоғы шамасын, каталогтағыға тең деп, ал коэффициенттерді – 4.1 кесте бойынша қабылдайды:

4.1 кесте

Автоматты ажыратқыш	АҒЫТҚЫШ	$K_{\delta}$
A3700; A3790	Жартылай өткізгішті	1,5
BA		
«Электрон»		
ABM	Электромагнитті	1,8
A3110; AP-50; A3700; BA; AE20		2,1
A3120; A3130; A3140		1,9

## А қосымшасы

А.1 кестесі – Үш фазалы жүктеме кезіндегі кернеуді реттейтін май трансформаторларының техникалық берілгендері

№	Түрі	Қуаты, кВА	Трансформатор орамаларының номиналды кернеуі, кВ		Uк %	Трансфор- матор орамалары- ның қосылу сұлбасы мен тобы
			ЖК	ТК		
1	ТМН-6300/35	6300	35±9%	6,3 10,5	7,5	Y/Δ-1
2	ТМН-6300/110	6300	115±16%	6,6 11,0	10,5	Y-0/Δ-3
3	ТДН-10000/35	10000	35±12%	6,3 10,5	8,0	Y/Δ-5
4	ТДН-10000/110	10000	115±16%	6,6 11,0	10,5	Y-0/Δ-7
5	ТНД-16000/35	16000	35±12%	6,3 10,5	10,5	Y/Δ-9
6	ТДН-16000/110	16000	115±16%	6,6 11,0	10,5	Y-0/Δ-Δ- 11
7	ТРДН-25000/35	25000	35±12%	6,3-6,3 10,5-10,5	10,5	Y/Δ-Δ-9
8	ТРДН-25000/110	25000	115±16%	6,3-6,3 10,5-10,5	10,5	Y-0/Δ-Δ-7
9	ТРДН-40000/230/110	40000	230 115±16%	6,3-6,3 10,5-10,5	10,5	Y-0/Δ-Δ-5
10	ТРДН-63000/230/110	63000	230 115±16%	6,3-6,3 10,5-10,5	10,5	Y-0/Δ-Δ-3

### Ескерту

1 Қуаты 25 МВА және жоғары трансформаторлар (ТРДН түріндегі) төменгі кернеу (6,3/6,3 немесе 10,5кВ) жағында тармақталған орамалармен жасалады.

2 Жүктеме кезіндегі кернеуді реттейтін трансформаторлардың реттеу шегі:

а) 35 кВ кернеу кезінде және  $S_{н.тр} \leq 6,3$  МВА±6х1,5%;  $S_{н.тр}=10-16$  МВА±8х1,5%;

б) кернеуі 110 кВ ± 9х1,78% құрайды.

## Б қосымшасы

Б.1 кестесі – 6-10/0,66 – 0,4 кВ цех трансформаторларының техникалық берілгендері

Түрі	S <sub>н</sub> КВа	Орамалар кернеуі, кВ		U <sub>к.з.</sub> %	Трансформатор орамаларының қосылу сұлбасы мен тобы
		ЖК	ТК		
ТМ-630/10	630	6,0; 10,5	0,4-0,23	5,5	Y/Y-0-12 немесе Δ/Y-0-11
ТМ-630/10	630	6; 10	0,69-0,4	5,5	
ТМЗ-1000/10	1000	6; 10	0,4-0,23	5,5	
ТМЗ-1000/10	1000	6; 10	0,69-0,4	5,5	
ТМЗ-1600/10	1600	6; 10	0,4-0,23	5,5	
ТМЗ-1600/10	1600	6; 10	0,69-0,4	5,5	
ТМЗ-2500/10	2500	6; 10	0,4-0,23	5,5	
ТМЗ-2500/10	2500	6; 10	0,69-0,4	5,5	

\*Е с к е р т у

1 Цех трансформаторлары орамаларының қосылуы Y/Y-0-12 немесе Δ/Y-0-11 сұлбасы бойынша жасалады

2 1000В дейін кернеуі 380/200В және 660/380В бейтарабы терең жерлендірілген төрт сымды торап қолданылады.

## В қосымшасы

В.1 кестесі – Кернеуі 6 и 10 кВ асинхронды және синхронды қозғалтқыштардың техникалық берілгендері

Қозғалтқыш түрі	$P_H$ КВт	$U_H$ кВ	$I_{НОМ}$ А	$I_{КОС}/I_{НОМ}$	$\cos \varphi_H$	$\eta_H$
АТД-800-4	800	6,0/10	90/55	5,6	0,9	0,89
АТД-1000-6	1000	6,0/10	115/68	6,2	0,9	0,89
АТД-1250-2	1250	6,0/10	137/84	6,2	0,9	0,9
АКН-1600-4	1600	6,0/10	180/110	6,5	0,91	0,91
АКН-2000-6	2000	6,0/10	225/135	6,5	0,91	0,92
СТД-630-2	630	6,0/10	71/42	6,7	0,9	0,89
СТД-1000-2	1000	6,0/10	112/67	6,7	0,9	0,89
СТД-1250-4	1250	6,0/10	135/82	6,5	0,9	0,9
СТД-1600-2	1600	6,0/10	178/107	6,8	0,9	0,91
СТД-2000-2	2000	6,0/10	220/133	7,0	0,9	0,92
СТД-2500-2	2500	6,0/10	276/166	6,2	0,9	0,92

\*Е с к е р т у - СТД синхронды қозғалтқыштарында  $\cos \varphi = 0,9$  (озық).



## Г қосымшасы

Г.1 кестесі – 4А сериялы кернеуі 380/660В роторы ҚТ асинхронды қозғалтқыштың техникалық берілгендері. (МЭК бойынша)

Түрі	$P_H, \text{кВт}$	$n_0, \text{об/мин}$	$U_H, \text{В}$	$I_{\text{НОМ}}, \text{А}$	$\eta_H$	$\cos \varphi_H$	$\frac{I_{\text{КОС}}}{I_{\text{НОМ}}}$
4A132-4	7,5	1500	380/660	14/8	0,88	0,87	7
4A132М-2	11	3000	380/660	20/12	0,88	0,9	7
4A160М-6	15	1000	380/660	27/16	0,89	0,9	7
4A160М-4	18,5	1500	380/660	34/20	0,89	0,9	7
4A200М-6	22,0	1000	380/660	40/23	0,9	0,9	7
4A200-6	30,0	1000	380/660	55/32	0,91	0,91	7
4A200М-2	37,0	3000	380/660	67/39	0,915	0,91	7
4A250-6	45,0	1000	380/660	83/48	0,915	0,91	7
4A250М-6	55,0	1000	380/660	100/58	0,92	0,92	7
4A250-2	75,0	3000	380/660	135/78	0,9	0,92	7
4A250М-4	90,0	1500	380/660	165/96	0,915	0,92	7
4A280-4	110	1500	380/660	200/115	0,92	0,92	7
4A280М-2	132	3000	380/660	245/142	0,92	0,92	7
4A315-4	160	1500	380/660	290/170	0,92	0,92	7

## Д қосымшасы

Д.1 кестесі – Жиілігі 50 Гц кәбілді желілерге арналған металдық бір фазалы жерге тұйықталудың сыйымдылық тоғының орташа мәні

Кәбіл тылсымының қимасы, мм <sup>2</sup>	Тоқ, А/км, жүйенің номиналды кернеуі, кВ		
	6	10	35
	Кәбілдің номиналды кернеуі, кВ		
	6	10	35
70	0,73	0,87	-
95	0,89	1,02	3,81
120	1	1,16	4,57
150	1,19	1,3	4,95
185	1,28	1,51	5,34
240	1,33	1,8	5,91

## Қысқартулар тізімі

АБЖ - автоматты басқару жүйесі

АРҚ—автоматты резервтік қосылу

АСТ - аналогтық-сандық түрлендіргіш

ҚБ-қоректендіру блогы

ҚС –қосалқы станса

РҚЖА –релелік қорғаныс және автоматтандырылу

РҚ-релелік қорғаныс

МТҚ – максималды тоқ қорғанысы

ТТ-тоқ трансформаторы

## Әдебиеттер тізімі

### Негізгі

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. 5-е изд.стер.- М.: Высш.шк., 2007.- 640 с.
2. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. 6-е изд.стер.- М.: Высш.шк., 2008.- 640 с.
3. Андреев В.А. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах.- М.: Высш.шк., 2008.- 256 с.
4. Басс Э.И. , Дорогунцев В.Г., Релейная защита электроэнергетических систем. под ред.А.Ф.Дьякова.- 2-е изд., стер.- М.: МЭИ, 2006.- 296 с.
5. Булычев А.В., А.А. Наволочный. Релейная защита в распределительных электрических сетях. М.: ЭНАС, 2011.- 208 с.
6. Шабад М.А. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты.Экспериментальная и расчетная проверки. МЭ РФ; ПЭИПК; Каф.релейной защиты и автоматики электр.станций, сетей и систем.- СПб., 2003.- 64 с.
7. Овчаренко Н.И. Автоматика энергосистем. под ред.А.Ф.Дьякова.- 2-е изд., перераб.и доп.- М.: МЭИ, 2007.- 476 с.
8. Киреева Э.А., Цырук С.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. - М.: Академия, 2010.- 288 с.
9. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем. 2-е изд., стер.- М.: Изд.дом МЭИ, 2010.- 336 с
10. Авербух А.М. Релейная защита в задачах с решениями и примерами. - М.: Энергия, 2005. – 416 с.

### Қосымша

1. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. «Релейная защита энергетических систем: Учебное пособие для техникумов».- М.: Энергоатомиздат, 1998.
2. Королев Е.П., Либерзон Э.М. Расчеты токовых нагрузок в цепях релейной защиты: - М.: Энергия, 1980. – 208 с.
3. Сборник директивных материалов (Электротехническая часть).- М.: Минэнерго СССР, 1985.
4. Беркович М.А., Семенов В.А. Основы техники и эксплуатации релейной защиты. - М.: Энергия, 1971.

## Мазмұны

Кіріспе.....	3
1 №1 есептік-сызба жұмыс. Тоқ трансформаторын шектік сызық бойынша 10% толық қателік сызығына тексеру.....	4
2 №2 есептік-сызба жұмыс. ҚТ тоғын және трансформатордың дифференциалды қорғанысын есептеу.....	11
3 №3 есептік-сызба жұмыс. Цех трансформаторларының қорғанысын есептеу.....	23
4 №4 есептік-сызба жұмыс. Жоғары кернеудегі қозғалтқыштардың қорғанысын есептеу және төменгі кернеудегі қозғалтқыштарды қорғау үшін төменгі кернеудегі автоматтар мен сақтандырғыштар тандау.....	25
Әдебиеттер тізімі.....	36

Михаил Владимирович Башкиров  
Гульназ Сайпудиновна Жунусова

## ТАРАТУ ТОРАПТАРЫНЫҢ РЕЛЕЛІК ҚОРҒАНЫСЫ

5B081200 – Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығының студенттері үшін есептеу сызба жұмыстарды орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Ж.Н. Изтелеуова  
Стандарттау бойынша маман Н.Қ.Молдабекова

Басуға қол қойылды \_\_\_\_\_  
Таралымы 50 дана  
Көлемі 2,3 оқу-басп.т.

Формат 60x84 1/16  
№1 типографиялық қағаз  
Тапсырыс \_\_\_\_. Бағасы 1150 тг.

«Алматы энергетика және байланыс университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамының  
көшірмелі-көбейткіш бюросы  
050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126

КОММЕРЦИЯЛЫҚ ЕМЕС АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ  
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Өндірістік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау кафедрасы

БЕКІТЕМІН

ОӘБ Проректоры

С.В.Коньшин

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 ж.

**ТАРАТУ ТОРАПТАРЫНЫҢ РЕЛЕЛІК ҚОРҒАНЫСЫ**

5В081200 – Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығының студенттері үшін есептеу сызба жұмыстарды орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

КЕЛІСІЛДІ

ОӘБ басшысы

\_\_\_\_\_ М.А.Мустафин

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 ж.

ОӘБ төрағасы

\_\_\_\_\_ М.В.Башкиров

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 ж.

Редактор

\_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 ж.

Стандарттау бойынша маман

\_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 ж.

ӨКЭЖ кафедрасының отырысында қаралып және бекітілген

№ \_\_\_ хаттама «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 ж.

ӨКЭЖ кафедрасының меңгерушісі,  
т.ғ.к., доцент

\_\_\_\_\_ К.А.Бакенов

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР:

ӨКЭЖ кафедрасының доценті

\_\_\_\_\_ М.В.Башкиров

ӨКЭЖ кафедрасының аға оқытушысы

\_\_\_\_\_ Г.С.Жунусова

Алматы 2014