

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Әбдінәби Асылжан Мұратұлы

6-10кВ қозғалтқыштарды қорғау ерекшеліктері

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6В07101 – «Энергетика» мамандығы

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

ДОПУЩЕН ~~«Энергетика» кафедрасының~~
менеджерісі
НАО «КазНТУ им. Қ.И. Сәтбаев»
Институт энергетика
и машиностроения Е.А. Сарсенбаев
« 28 » 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «6-10кВ қозғалтқыштарды қорғау ерекшеліктері»

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Орындаған:

Әбдінәби А.М.

Пікір беруші

Бас энергетик «Біріктірілген тау-кен құрылыс компаниясы» ЖШС

Е.А. Жолдыбеков
« 28 » мая 2025 ж.

Ғылыми жетекші

PhD, аға оқытушы

Р.Ш. Абитаева
« 29 » мамыр 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

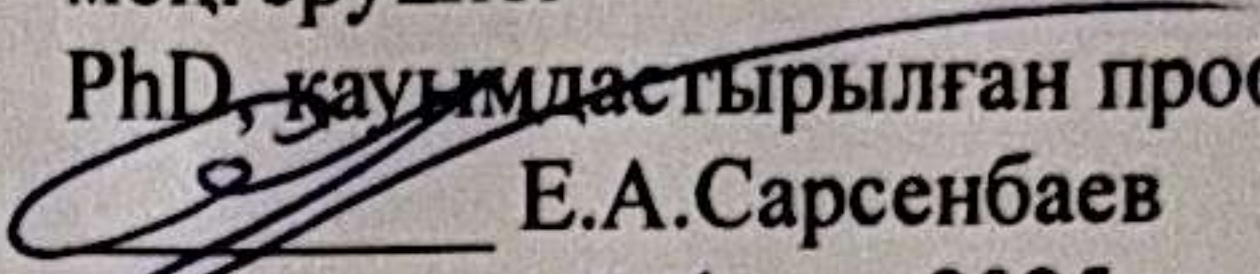
«Энергетика» кафедрасы

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

БЕКІТЕМІН

«Энергетика» кафедрасының
меңгерушісі

PhD, қауымдастырылған профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«30» 01 2025 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Әбдінаби Асылжан

Тақырыбы: 6-10кВ қозғалтқыштарды қорғау ерекшеліктері

Университеттің академиялық мәселелер жөніндегі проректорының 29.01.2025 ж. № 26П/О
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 19- мамыр 2025 жыл

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: _____

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны:

а) Цемент зауытындағы цехтарды электрмен жабдықтау ;

ә) Электрмен жабдықтау нұсқаларын салыстыру ;

б) 10кВ қозғалтқыштардың қорғау түрлері ;

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)




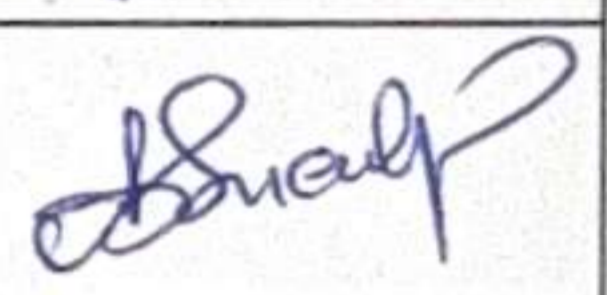
Сызба материалдары 10 парақ слайдтарда көрсетілген ;

Ұсынылатын негізгі әдебиет 11 атау ;

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Цемент зауытындағы цехтарды электрмен жабдықтау	1.04.2025	
Электрмен жабдықтау нұсқаларын салыстыру	21.04.2025	
10кВ қозғалтқыштардың қорғау түрлері	19.05.2025	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілердің аты-жөні, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Цемент зауытындағы цехтарды электрмен жабдықтау	Р.Ш.Абитаева PhD, аға оқытушы	19.05.2025	
Электрмен жабдықтау нұсқаларын салыстыру	Р.Ш.Абитаева PhD, аға оқытушы	26.05.2025	
10кВ қозғалтқыштардың қорғау түрлері	Р.Ш.Абитаева PhD, аға оқытушы	29.05.2025	
Норма бақылаушы	Ә.О.Бердібеков, магистр, аға оқытушы	30.05.25	

Ғылыми жетекшісі



(қолы)

Р.Ш.Абитаева

Тапсырманы орындауға алған студент



(қолы)

А.М.Әбдінәби

Күні

«30» 01 2025ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс цемент зауытын электрмен жабдықтау жүйесі қарастырылып, жоғары кернеулі (10 кВ) синхронды қозғалтқыштарды қорғау ерекшеліктері зерттелді. Бұл жұмыста электрмен жабдықтаудың сенімді схемасы ұсынылып, заманауи қорғаныс құралдарын таңдау мен қолдану жолдары көрсетілді. Сонымен қатар, қозғалтқыштарды апаттық жағдайлардан қорғау, артық жүктемеден, қысқа тұйықталудан және кернеу ауытқуларынан сақтау әдістері талданды. Техника-экономикалық есептеулер арқылы тиімді және қауіпсіз жұмыс режимі қамтамасыз етілді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматривается система электроснабжения цементного завода и особенности защиты синхронных электродвигателей высокого напряжения (10 кВ). Представлена надежная схема электроснабжения, проанализирован выбор и применение современных устройств защиты. Особое внимание уделено защите электродвигателей от аварийных режимов, перегрузок, коротких замыканий и колебаний напряжения. Проведены технико-экономические расчёты для обеспечения эффективного и безопасного функционирования оборудования.

ANNOTATION

This diploma work explores the power supply system of a cement plant and the specific features of protecting high-voltage (10 kV) synchronous motors. A reliable power supply scheme is proposed, along with an analysis of the selection and application of modern protective devices. Special attention is given to protecting motors against emergency modes, overloads, short circuits, and voltage fluctuations. Technical and economic calculations are carried out to ensure efficient and safe operation of the equipment.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 - Цемент зауытының технологиялық процесі	8
1.1 Жұмыстың мәліметі	9
1.2 Цемент зауытының жарық жүктемесін есептеу	11
1.3 Цемент зауытының электрлік жүктемелері	12
1.4 Цемент цехына трансформаторлар санын таңдау және 0,4кВ кернеудегі реактивті компенсациялау	16
1.5 ЦТҚС-тағы қуат шығынын есептеу жұмысы	20
1.6 Жоғары кернеулі жүктемелерді есептеп анықтау	21
1.7 БТҚС 10кВ шинасындағы реактивті қуаттың компенсациялау	22
1.8 Цемент зауытының жүктемесі бойынша дәл қуатты есептеу	22
2 - Электрмен жабдықтаудың нұскаларын салыстыру.	26
2.1 Транзиттік ЭБЖ 115-кВ дәнекерлеу бойынша	26
2.2 Кернеуі 110кВ желінің нүктелері үшін қысқа тұйықталу тогын есептеу	29
2.3 Энерго жүйеден зауытқа қорек көзін жүргізу	35
2.4 Кернеуі 10кВ желінің қысқа тұйықталу тогын есептеу	38
2.5 Кернеуі 10кВ – қа арналған жоғары вольтті жабдықтарды таңдау.	46
2.6 Кернеуі 10кВ кернеуіне ажыратқыштар таңдау.	49
2.7 Жоғары вольтты кабельдерді таңдау.	53
3 - 10кВ синхронды қозғалтқыштың қорғаныс түрлері	56
3.1 Ток кесу қорғанысы	57
3.2 Төменгі кернеуден қорғау	59
3.3 Синхронды қозғалтқышты асинхронды режимнен қорғау	60
3.4 Асқын жүктемеден қорғау	62
3.5 Қозғалтқыштың бір фазалы тұйықталуынан қорғау	63
Қорытынды	64
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	

КІРІСПЕ

Электр энергиясы – кез келген өндіріс орындарының, соның ішінде цемент зауыты сияқты ірі өнеркәсіптік нысандардың үздіксіз және тиімді жұмыс істеуінің негізгі факторы болып табылады. Цемент өндірісі – энергия сыйымдылығы жоғары процесс, онда әртүрлі электр жабдықтары мен қуатты қозғалтқыштар қолданылады. Атап айтқанда, 10 кВ кернеулікте жұмыс істейтін синхронды қозғалтқыштар – негізгі технологиялық жабдықтарды, мысалы, диірмендерді, компрессорларды және транспортерлерді қозғаушы күш көзі ретінде қызмет атқарады.

Осы дипломдық жұмыста цемент зауытын электрмен жабдықтаудың тиімді схемасы ұсынылып, оны сенімді және үнемді ету жолдары қарастырылады. Сонымен қатар, жоғары кернеулі синхронды қозғалтқыштарды қорғау ерекшеліктері зерттеледі. Бұл қозғалтқыштардың күрделі құрылымына және жұмыс режимдерінің өзгермелі болуына байланысты, оларды арнайы қорғаныс жүйелерімен жабдықтау аса маңызды. Қорғаныс құрылғыларының дұрыс таңдалуы қозғалтқыштың апатсыз жұмысын қамтамасыз етеді, жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартады және зауыттың жалпы сенімділігін арттырады.

Бұл жұмыста техникалық-экономикалық есептеулер жүргізіліп, энергия үнемдеу шаралары қарастырылады. Сондай-ақ, электрмен жабдықтау желілерінің конфигурациясы, трансформаторлар мен қорғаныс құрылғыларының таңдауы және олардың жұмыс режимдері сарапталады. Осы арқылы өндірістің тиімділігін арттыруға және энергетикалық шығындарды азайтуға бағытталған заманауи техникалық шешімдер ұсынылады.

Жұмыстың мақсаты:

Цемент зауытындағы цехтарды электрмен жабдықтау және тиімді техникалық-экономикалық есептеулер жүргізіліп, 10кВ қозғалтқыштың қорғау түрлерін зерттеп есептеу оның ерекшеліктерін талдау.

Жұмыстың міндеттері:

- 1) Цемент зауытының технологиялық процесін зерттеп, электрмен жабдықтауға қойылатын талаптарды анықтау;
- 2) Электр жүктемесін есептеу арқылы трансформаторлық қосалқы станция қуатын таңдау;
- 3) Қозғалтқышты қорғау, ерекшеліктерін сипаттау;
- 4) Қорғаныс шараларын қарастырып есептеу;

1 Цемент зауытының технология процесі

1.1 Жұмыстың мәліметі

Қоректендіру қуаты 32МВА, кернеуі 115/10,5 кВ (трансформаторлар бөлек жұмыс істейді) екі трансформатор орнатылған, қуаты шектеусіз энергия жүйесінің қосалқыстанцияларынан жүзеге асырылуы мүмкін немесе транзиттік дәнекерленген қос тізбекті ЭБЖ-115кВ арқылы, дәнекерлеу орнында К,З қуаты 1500МВа.

Энергожүйеден зауытқа дейінші желінің ұзындығы 5км. Транзиттік желіден зауытқа дейінгі ара қашықтық 3км.

1.1 – кесте – Цемент зауытындағы электр қабылдағыштарының бастапқы мәліметтері

№ ЭҚ	Атауы	Электр қабылдағыш саны	Бекітілген қуаты. кВт	
			P_n	$\sum P_n$
1	2	3	4	5
1	Бастапқы ұсақтау бөлімі	15	10-40	350
2	Екінші ұсақтау бөлімі	14	15-60	380
3	Шикізат диірмендері бөлімшесі	68	12-57	1690
4	Шлакты кептіру бөлімі	22	3-40	300
5	Бастапқы бөлімнің суық ұшы	35	20-200	2000
6	Бастапқы бөлімнің ыстық соңы	29	40-200	1850
7	Біріктірілген қойма	50	10-80	1730
8	Цемент диірмендерін бөлу	28	20-100	1400
9	Компрессорлық 10кВ	4	1500	6000
10	Цемент сүрлемдері және орау	30	25-85	780
11	Шикізат ұнының сүрлемдерін бөлу	30	14-90	1100
12	Механикалық шеберханалар	35	1-30	340
13	Қазандық	45	10-80	1370
14	Материалдық қойма	14	5,8-27	136
15	Тегістейтін денелерді сұрыптау және сақтау цехы	10	6-15	100
16	Асхана	45	1-25	520
17	Зауытты басқару	35	1-15	150
18	Гараж	29	1-10	125

1.2 – кесте – зауыттың жарықтандыру жүктемесі

№	Өндірістің атаулары	Аймақтың өлшемі	Аймақтың ауданы м ²				Жарықтандыру жүктемесі		cosφ	tgφ
							P _{po} кВт	Q _{po} кВар		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Бастапқы ұсақтау бөлімі	30x45+12x18	1566	0,016	0,8	25,055	20,044	10,022	0.9	0.5
2	Екінші ұсақтау бөлімі	20x65	1300	0,016	0,8	20,8	16,64	8.32	0.9	0.5
3	Шикізат диірмендері бөлімшесі	50x78	3900	0,015	0,8	58,5	46,8	23.4	0.9	0.5
4	Шлақты кептіру бөлімі	48x36	1728	0,014	0,8	24,187	19,35	9,675	0.9	0.5
5	Бастапқы бөлімнің суық ұшы	35x65	2275	0,015	0,8	34,125	27,3	13,65	0.9	0.5
6	Бастапқы бөлімнің ыстық соңы	125x85	10625	0,015	0,8	159,375	127,5	63,75	0.9	0.5
7	Біріктірілген қойма	324x65	21060	0,01	0,6	210,6	126,36	63,18	0.9	0.5
8	Цемент диірмендерін бөлу	65x65	4225	0,015	0,8	63,37	50,7	25,35	0.9	0.5
9	Компрессорлық 10кВ	45x24	1080	0,013	0,7	14,04	9,828	4,914	0.9	0.5
10	Цемент сүрлемдері және орау	98x40+30x45	5270	0,014	0,8	73,78	59,024	29,512	0.9	0.5
11	Шикізат ұнының сүрлемдерін бөлу	60x28+78x36	4488	0,014	0,8	62,832	50,26	25.13	0.9	0.5
12	Механикалық шеберханалар	24x56	1344	0,017	0,8	22,848	18,27	9,135	0.9	0.5
13	Қазандық	30x60	1800	0,013	0,7	23,4	16,38	8.19	0.9	0.5
14	Материалдық қойма	25x65	1625	0,01	0,6	16,25	9,75	4.375	0.9	0.5
15	Тегістейтін денелерді сұрыптау және сақтау цехы	35x65	2275	0,013	0,7	29,575	20,702	10,351	0.9	0.5
16	Асхана	66x36	2376	0,02	0,9	47,52	42,768	21,384	0.9	0.5
17	Зауытты басқару	45x98+24x24	4986	0,02	0,9	99,72	89,748	44,874	0.9	0.5
18	Гараж	95x24	2280	0,02	0,9	45,6	41,04	20,52	0.9	0.5
	Территория	1050x680	639797	0,001	1	639.797	639.797	319.898	0,9	0.5

1.3 Цемент зауытының электрлік жүктемелері

Зауыттағы өндірістер бойынша 1000В қа дейінгі электр жүктемелерін есептеу. Өндірістер бойынша 3 – кестеде күштік және жарықтандыру жүктемелерінің мәндері $U = 400\text{В}$ кернеуі бойынша күштік жүктемелер жазылған.

$$P_H = P_{H1} \cdot \cos\varphi, \text{ кВт} \quad P_H = P_{H1} \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{\text{ПВ}}, \text{ кВт} \quad (1.6)$$

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}} \quad (1.7)$$

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_H, \text{ кВт} \quad (1.8)$$

$$Q_{\text{см}} = \text{tg}\varphi \cdot P_{\text{см}}, \text{ кВар} \quad (1.9)$$

$$m = \frac{2 \cdot \sum P_H}{P_{H \max}^2} \quad (1.10)$$

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_H, \text{ кВт} \quad (1.11)$$

$$P_p = K_M \cdot P_H, \text{ кВт} \quad (1.12)$$

$$Q_p = Q_{\text{см}} \text{ егер } n_э > 10 \quad Q_p = 1.1 Q_{\text{см}} \text{ егер } n_э < 10 \quad (1.13)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad \text{кВА} \quad (1.14)$$

Берілген зауыттың жүктемесінің картограммасын салу үшін мына шамалар пайдаланылады

$$R = \sqrt{\frac{P_p}{m \cdot \pi}} \quad (1.15)$$

$$a = \frac{P_{p0}}{P_p} \cdot 360^\circ \quad (1.16)$$

R – шеңбердің радиусы,

a – сектор бұрышы.

m – шеңбер аударнының масштабы

1.3 – кесте – 0,4кВ кернеу бойынша жүктеме мәні

№	Өндіріс атаулары ЭҚ топтары	ЭҚ саны n	Номиналды қуат		m	K _и	Cosφ /tgφ	Орташа қуат		n _э	K _м	Есептік қуат			R мм	a град
			P _{min} – P _{max} кВт	ΣP _н кВт				P _{см} кВт	Q _{см} кВар			P _p кВт	Q _p кВар	S _p кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18
1	Бастапқы ұсақтау бөлімі Күштік	15	10-40	350	>3	0.5	0.8/ 0.75	175	131.25	15	1.24	217	131.25			
	Жарықтандыру							20.044	10,022			20.044	10,022			
	Толық											237.04	141.25	275.93	8,69	33
2	Екінші ұсақтау бөлімі Күштік	14	15-60	380	>3	0.5	0.8/ 0.75	190	142.5	13	1.26	239.4	142.5			
	Жарықтандыру							16,64	8.32			16,64	8.32			
	Толық											256.04	150.82	297.16	9,03	25
3	Шикізат диірмендері бөлімшесі Күштік	68	12-57	1690	>3	0.6	0.85/ 0.62	1014	628.68	60	1.09	1105.26	628.68			
	Жарықтандыру							46,8	23.4			46,8	23.4			
	Толық											1152.06	652.08	1323.8	19,15	15
4	Қож кептіру бөлімі Күштік	22	3-40	300	>3	0.7	0.8/ 0.75	210	157.5	15	1.12	235.2	157.5			
	Жарықтандыру							19,35	9,675			19,35	9,675			
	Толық											254.35	167.17	304.367	9	29

1.3 – кесте жалғасы

№	Өндіріс атаулары ЭҚ топтары	ЭҚ саны n	Номиналды қуат		m	K _и	Cosφ /tgφ	Орташа қуат		n _э	K _м	Есептік қуат			R мм	a град								
			P _{min} – P _{max} кВт	ΣP _н кВт				P _{см} кВт	Q _{см} кВар			P _p кВт	Q _p кВар	S _p кВА										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18								
5	Бастапқы бөлімнің суық ұшы Күштік	35	20-200	2000	>3	0.4	0.6/ 1.33	800	1064	20	1.24	992	1064											
	Жарықтандыру																							
	Толық																							
6	Бастапқы бөлімнің ыстық соңы Күштік	29	40-200	1850	>3	0.4	0.8/ 0.75	740	555	18	1.26	932,4	555											
	Жарықтандыру																							
	Толық																							
7	Біріктірілген қойма Күштік	50	10-80	1730	>3	0.3	0.6/ 1.33	519	690.27	44	1.17	607.23	690.27											
	Жарықтандыру																							
	Толық																							
8	Цемент диірмендерін бөлу Күштік	28	20-100	1400	>3	0.5	0.8/ 0.75	700	525	28	1.16	812	525											
	Жарықтандыру																							
	Толық																							
9	Компрессорлық 10кВ Күштік	4																						
	Жарықтандыру																							
	Толық																							

1.3 - кесте жалғасы

№	Өндіріс атаулары ЭҚ топтары	ЭҚ саны n	Номиналды қуат		m	K _и	Cosφ /tgφ	Орташа қуат		n _э	K _м	Есептік қуат			R мм	a град
			P _{min} – P _{max} кВт	ΣP _н кВт				P _{см} кВт	Q _{см} кВар			P _p кВт	Q _p кВар	S _p кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18
10	Цемент сүрлем-дері және орау Күштік	30	25-85	780	>3	0.2	0.75/ 0.88	156	137.28	19	1.52	237.12	137.8			
	Жарықтандыру							59,02	29,512			59,024	29,512			
	Толық											296.14	167.31	340.134	9,71	89,6
11	Шикізат ұнының Күштік	30	14-90	1100	>3	0.2	0.75/ 0.88	220	193.6	25	1.4	308	193.6			
	Жарықтандыру							50,26	25.13			50,26	25.13			
	Толық											358.26	218.73	419.668	10,68	50,5
12	Механикалық шеберханалар Күштік	35	1-30	340	>3	0.3	0.8/ 0.75	102	76.5	23	1.3	132.6	76.5			
	Жарықтандыру							18,27	9,135			18,27	9,135			
	Толық											150.87	85.635	173.48	6,93	49,5
13	Қазандық Күштік	45	10-80	1370	>3	0.65	0.8/ 0.75	890.5	667.87	35	1.12	997.36	667.87			
	Жарықтандыру							16,38	8.19			16,38	8.19			
	Толық											1013.7	676.06	1218.46	17,96	5,9
14	Материалдық қойма Күштік	14	5.8-27	136	>3	0.3	0.6/ 1.33	40.8	54.26	10	1.6	65.28	54.26			
	Жарықтандыру							9,75	4.375			9,75	4.375			
	Толық											75.03	58.635	95.22	4,88	53

1.3 – кесте соңы

№	Өндіріс атаулары ЭҚ топтары	ЭҚ саны n	Номиналды қуат		m	K _и	Cosφ /tgφ	Орташа қуат		n _э	K _м	Есептік қуат			R мм	a град
			P _{min} – P _{max} кВт	ΣP _н кВт				P _{см} кВт	Q _{см} кВар			P _p кВт	Q _p кВар	S _p кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18
15	Тегістейтін денелерді сұрыптау және сақтау цехы Күштік	10	6-15	100	<3	0.3	0.6/ 1.33	30	39.9	10	1.6	48	39.9			
	Жарықтандыру							20,702	10,351			20,702	10,351			
	Толық											68.702	50.251	85.11	4,67	155
16	Асхана Күштік	45	1-25	520	>3	0.5	0.9/ 0.48	260	124.8	42	1.13	293.8	124.8			
	Жарықтандыру							42,768	21,384			42,768	21,384			
	Толық											336.57	146.18	366.85	10,35	52,4
17	Зауытты басқару Күштік	35	1-15	150	>3	0.5	0.8/ 0.75	75	56.25	20	1.2	90	56.25			
	Жарықтандыру							89,748	44,874			89,748	44,874			
	Толық											179.75	101.12	206.24	7,56	358
18	Гараж Күштік	29	1-10	125	>3	0.2	0.7/ 1.02	25	25.5	25	1.4	35	25.5			
	Жарықтандыру							41,04	20,52			41,04	20,52			
	Толық											76.04	46.02	88.88	4,92	360
Территорияны жарықтандыру												639.797	319.898	715.314		
Толық												8779,7	5986,2	10626,27		

1.4 Цемент цехына трансформаторлар санын тандау және 0,4кВ кернеудегі реактивті компенсациялау

Цехтағы трансформаторлардың саны және олардың қуатын анықтау төменде келтірілген есептік жұмыстар арқылы жүзеге асырылады: тұтынушылардың энергия тұтыну санаттары, 1кВ кернеуге дейінгі реактивті қуатты компенсациялауы, апаттық және қалыпты жағдайда трансформатордың жүктелу қабілеті және жүктеме графигі бойынша трансформаторлар экономилық жұмыс режимдері.

Цемент зауытты 3 ауысым бойынша жұмыс жасайды. Екінші тұтыну санатына жатады, демек, $K_{зтр} = 0,8$ трансформатордың жүктелу коэффициенті Керекті мәндрер 3 – кесте ден алынды.

$$P_{p0,4} = 8779.7 \text{кВт}$$

$$Q_{p0,4} = 5986,2 \text{кВар}$$

$$S_{p0,4} = 10626.27 \text{кВА}$$

$$S_{уд} = \frac{S_{p0,4}}{F_{цех}} = \frac{10626,27}{74203} = 0,143 \quad (1.17)$$

мұнда $S_{уд} < 0.2$ болса қуаты 630-1000кВА трансформатор түрін таңдаймын. Активті қуатты қоректендіруге керекті трансформатордың ең аз санын анықтау үшін мына формула қолданылады

Есептемеге сәйкес трансформатор қуатын $S_{н.тр} = 1000 \text{кВА}$ -тең қабылдап, ТМ-1000/10/0,4 трансформаторын таңдаймын.

$$N_{Т min} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \cdot S_{н.тр}} + \Delta N = \frac{8779,7}{0,8 \cdot 1000} = 10,9746 + 0,0254 = 11 \text{ дана} \quad (1.18)$$

мұндағы $P_{p0,4}$ – зауыттың есептік активті қуаты

K_3 – жүктелу коэффициенті

$S_{н.тр}$ – қабылданған трансформатордың

ΔN – шыққан мәннің бүтін санға дейін жеткізетін қосымша сан

Экономика жағынан трансформатордың тиімді саны мына формуламен анықталады:

$$N_{Т.э} = N_{min} + m \quad (1.19)$$

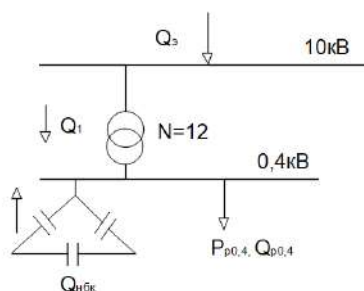
мұндағы m – қосымша трансформатордың саны

$$N_{Т.э} = 11 + 1 = 12 \text{ дана}$$

Нұсқаулық m трансформатордың қосымша саны 1-ге тең [2]
 Кернеуі 1кВ-қа дейінгі желіге таңдалған трансформаторлар саны және қуаты бойынша Q_1 жоғары реактивті қуатты анықтадым.

$$Q_1 = \sqrt{(N_{т.э} \cdot S_{НТ} \cdot K_3^2) - P_{р0,4}^2} \quad (1.20)$$

$$Q_1 = \sqrt{(12 \cdot 1000 \cdot 0,8)^2 - 8779,7^2} = 3882,89 \text{кВар}$$



1.2 – сурет

0,4кВ шинарадағы реактивті қуатты балансы бойынша $Q_{нбк1}$ мәнін есептейміз.

$$Q_{нбк1} = Q_{р0,4} + Q_1 \quad (1.21)$$

$$Q_{нбк1} = 5986,2 - 3882,89 = 2103,31$$

Трансформатордың мына тобы үшін төменгі кернеу конденсаторлар батареясының қосымша $Q_{нбк2}$ есептейміз. Оның формуласы

$$Q_{нбк2} = Q_{р0,4} - Q_{нбк1} - \gamma \cdot N_{т.э} \cdot S_{НТ} \quad (1.22)$$

γ табу үшін шығынның меншікті коэффициенті K_1 мен қоректендіруші желінің меншікті коэффициентін K_2 пайдаланамыз. γ мәні [2] нұсқаулықтан алынады

$K_1=14$ -үш ауысымда

$K_2=2$ 1000кВА қуат кезінде

$\gamma = 0,48$ график бойынша қабылдаймыз

$$Q_{нбк2} = 5986,2 - 2103,31 - 0,48 \cdot 12 \cdot 1000 = -1877,11$$

$Q_{нбк2} = 0$ ден қабылдаймыз

$$Q_{нбк} = Q_{нбк1} + Q_{нбк2} = 2103,31 + 0 = 2103,31 \quad (1.23)$$

$$Q_{\text{нбк ТҚС}} = \frac{Q_{\text{нбк}}}{N_{\text{ТЗ}}} = \frac{2103,31}{12} = 175,27 \approx 180\text{кВар} \quad (1.24)$$

құжаттамадан конденсатор батареясын тандаймыз УKM58-0,4-180-10У3-У1

Есептеулер бойынша 4 кесте толтырылып ондағы ТҚС-рын бір және екі трансформаторлы деп қабылдаймыз. Және цехтың жүктемелерін ескере отырып аумағындағы белгісі бойынша топтарған бөлеміз.

1.4 – кесте ТҚС -ларға төменгі вольтті жүктемелерді бөліп есептеу

№	№ТҚС нөмірі	$p_{p0.4}$	$Q_{p0.4}$	$S_{p0.4}$	K_3
1	ТҚС №1,2 (4x1000)	237,04	141,25		
2		256,04	150,82		
5		1019,3	1077,6		
6		1059,9	618,75		
11		358,26	218,73		
	Жинағы $Q_{\text{нбк}} = 4 \cdot 180 = 720\text{кВар}$	2930,54	2207,15 -720		
	Барлығы	2930,54	1487,15	3286,28	0,82
3	ТҚС №1,2 (4x1000)	1152,06	652,08		
4		254,35	167,17		
10		296,14	167,31		
12		150,87	85,635		
13		1013,7	676,06		
14		75,03	58,635		
15		68,702	50,251		
		Жинағы $Q_{\text{нбк}} = 4 \cdot 180 = 720\text{кВар}$	3010,85	1851,141 -720	
	Барлығы	3010,85	1131,141	3218,43	0,8
7	ТҚС №1,2 (4x1000)	733,59	753,45		
8		862,7	550,35		
16		336,57	146,18		
17		179,75	101,12		
18		76,04	46,02		
осв		639,79	319,898		
		Жинағы $Q_{\text{нбк}} = 4 \cdot 180 = 720\text{кВар}$	2828,44	1917,017 -720	
		2828,44	1197,017	3071,29	0,77

$Q_{\text{нбк}}$ ТҚС-нің реактивті қуаттарына пропорционал бөліп орнатып аламыз:
Бастапқы берілген мәндері $Q_{p0.4} = 5986,2\text{кВар}$, $Q_{\text{нбк1}} = 2103.31\text{кВар}$

ТҚС №1,2 бойынша $Q_{p\text{ ТҚС1,2}} = 2207,15\text{кВар}$

$$Q_{p\text{ нбк1,2}} = \frac{Q_{\text{нбк1}} \cdot Q_{p\text{ ТҚС1,2}}}{Q_{p0,4}} = \frac{2103,31 \cdot 2207,15}{5986,2} = 775,5 \quad (1.25)$$

Нақты реактивті қуаты: $Q_{\phi\text{ ТҚС1,2}} = 4 \cdot 180 = 720\text{кВар}$

Компенсацияландыру кажет қуат

$$Q_{\text{неск}} = Q_{p\text{ ТҚС1,2}} - Q_{\phi\text{ ТҚС1,2}} = 2207,15 - 720 = 1487,15\text{кВар} \quad (1.26)$$

ТҚС №3,4 бойынша $Q_{p\text{ ТҚС3,4}} = 1857,141\text{кВар}$

$$Q_{p\text{ нбк3,4}} = \frac{Q_{\text{нбк1}} \cdot Q_{p\text{ ТҚС3,4}}}{Q_{p0,4}} = \frac{2103,31 \cdot 1851,141}{5986,2} = 650,41$$

Нақты реактивті қуаты: $Q_{\phi\text{ ТҚС3,4}} = 4 \cdot 180 = 720\text{кВар}$

Компенсацияландыру кажет қуат

$$Q_{\text{неск}} = Q_{p\text{ ТҚС3,4}} - Q_{\phi\text{ ТҚС3,4}} = 1851,141 - 720 = 1131,141\text{кВар}$$

ТҚС №5,6 бойынша $Q_{p\text{ ТҚС5,6}} = 1917,01\text{кВар}$

$$Q_{p\text{ нбк5,6}} = \frac{Q_{\text{нбк1}} \cdot Q_{p\text{ ТҚС5,6}}}{Q_{p0,4}} = \frac{2103,31 \cdot 1917,017}{5986,2} = 673,556$$

Нақты реактивті қуаты: $Q_{\phi\text{ ТҚС5,6}} = 4 \cdot 180 = 720\text{кВар}$

Компенсацияландыру кажет қуат

$$Q_{\text{неск}} = Q_{p\text{ ТҚС5,6}} - Q_{\phi\text{ ТҚС5,6}} = 1916,998 - 720 = 1197,017\text{кВар}$$

1.5 – кесте - $Q_{\text{нбк}}$ ТҚС-нің реактивті қуаттарына пропорционал бөліп орнатылуы

ТҚС	$Q_{p\text{ ТҚС}}$, кВар	$Q_{p\text{ нбк}}$, кВар	$Q_{\phi\text{ ТҚС}}$, кВар	$Q_{\text{неск}}$, кВар
ТҚС 1,2	2207,15	775,5	720	1487,15
ТҚС 3,4	1851,141	650,41	720	1131,141
ТҚС 5,6	1917,017	673,556	720	1197,017
Қорытынды	5986,2	2103,31	2160	3826,2

1.5 ЦТҚС-тағы қуат шығынын есептеу жұмысы

Цех трансформаторының құжаттық көрсеткіші

1.6 кесте – Цех трансформаторының құжаттық көрсеткіші

Номиналды қуат	Қуат шығыны		Ток	Кернеу
ТМ-1000/10/0,4	XX	КЗ	XX,%	КЗ,%
	1,55	10,8	1,2	5,5

Цех трансформаторының есептік активті және реактивті шығындарын төменде көрсетілген формула арқылы есептейміз

$$\Delta P_{\text{тр}} = N \cdot (\Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2), \quad (1.27)$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = N \cdot \left(\frac{I_{\text{xx}} \cdot S_{\text{н,тр}}}{100} + \frac{U_{\text{кз}} \cdot S_{\text{н,тр}} \cdot K_3^2}{100} \right), \quad (1.28)$$

ТҚС 1-2 үшін

$K_3=0.82$

$N=4$

$$\Delta P_{\text{тр1-2}} = 4 \cdot (1.55 + 10.8 \cdot 0.82^2) = 35.247$$

$$\Delta Q_{\text{тр1-2}} = 4 \cdot \left(\frac{1.2 \cdot 1000}{100} + \frac{5.5 \cdot 1000 \cdot 0.82^2}{100} \right) = 195.928$$

ТҚС 3-4 үшін

$K_3=0.8$

$N=4$

$$\Delta P_{\text{тр3-4}} = 4 \cdot (1.55 + 10.8 \cdot 0.8^2) = 33.848$$

$$\Delta Q_{\text{тр3-4}} = 4 \cdot \left(\frac{1.2 \cdot 1000}{100} + \frac{5.5 \cdot 1000 \cdot 0.8^2}{100} \right) = 188.8$$

ТҚС 5-6 үшін

$K_3=0.77$

$N=4$

$$\Delta P_{\text{тр5-6}} = 4 \cdot (1.55 + 10.8 \cdot 0.77^2) = 31.813$$

$$\Delta Q_{\text{тр5-6}} = 4 \cdot \left(\frac{1.2 \cdot 1000}{100} + \frac{5.5 \cdot 1000 \cdot 0.77^2}{100} \right) = 178.438$$

Трансформаторлардың суммалық шығындары

$$\sum \Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{тр}1-2} + \Delta P_{\text{тр}3-4} + \Delta P_{\text{тр}5-6}$$

$$\sum \Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_{\text{тр}1-2} + \Delta Q_{\text{тр}3-4} + \Delta Q_{\text{тр}5-6}$$

$$\sum \Delta P_{\text{тр}} = 35,247 + 33,848 + 31,813 = 100.908$$

$$\sum \Delta Q_{\text{тр}} = 195.928 + 188.8 + 178.438 = 563.166$$

1.6 Жоғары кернеулі жүктемелерді есептеп анықтау

Тапсырма бойынша бізге берілген синхронды қозғалтқыштың қуатына орай біз анықтамалықтан СҚ-ның түрі мен техникалық деректерін таңдаймыз.

1.7 – кесте – СҚ-ның техникалық деректері

Түрі	Номиналды қуаты, кВт	Айналу жиілігі айн/мин	$\cos\varphi$	ПӘК, %	K_3
СДЗ-2-1250-1500У3	1250	1500	0,9	0,963	0,85

9-шы компрессорлық цехта орналасқан синхронды қозғалтқыш: СДЗ-2-1250-1500У3 тандалды. Төмендегі формуламен Қозғалтқыштың активті және реактивті қуаты анықталады.

$$P_{\text{рСҚ}} = P_{\text{нСҚ}} \cdot N_{\text{СҚ}} \cdot K_3 \quad (1.29)$$

$$Q_{\text{рСҚ}} = P_{\text{рСҚ}} \cdot \text{tg}\varphi \quad (1.30)$$

мұндағы $P_{\text{рСҚ}}$ – синхронды қозғалтқыштың активті қуаты
 $Q_{\text{рСҚ}}$ – синхронды қозғалтқыштың реактивті қуаты
 $N_{\text{СҚ}}$ – синхронды қозғалтқыштың саны

$$P_{\text{рСҚ}} = 1250 \cdot 4 \cdot 0,85 = 4250 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{рСҚ}} = 4250 \cdot 0,48 = 2040 \text{ кВар}$$

1.7 БТҚС 10кВ шиңасыдағы реактивті қуаттың компенсациялануының есебі

10 кВ шиңасындағы $Q_{\text{нбк}}$ қатысты реактивті қуатты балансымен теңестіру жасалады.

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_{\text{р0,4}} + \sum \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - Q_{\text{рСҚ}} - Q_{\text{э}} - Q_{\text{нбк}} \quad (1.31)$$

мұнда $Q_{\text{э}}$ - кірістегі реактивті қуат энерго жүйеден тиімділік жағынан келетін реактивті қуат ретінде беріледі, ол кәсіпорынға энергожүйенің ең жоғары жүктеме кезінде беріле алады және төмендегі формула арқылы есептеледі

$$Q_{\text{э}} = (0,23 \div 0,25) \sum \Delta P_{\text{р}} = (0,23 \div 0,25) \cdot (P_{\text{0,4}} + \Delta P_{\text{тр}} + P_{\text{рСҚ}}) \quad (1.32)$$

$$Q_{\text{э}} = 0,23 \cdot (8779,7 + 100,908 + 4250) = 3020,04 \text{кВар}$$

$Q_{\text{рез}}$ – кәсіпорындағы реактивті қуаттың резервті шамасы, ол мына формула арқылы есептеледі

$$Q_{\text{рез}} = (0,1 \div 0,15) \sum \Delta Q_{\text{р}} = (0,1 \div 0,15) \cdot (Q_{\text{0,4}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рСҚ}}) \quad (1.33)$$

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \cdot (5986,2 + 563,166 + 2040) = 858,93 \text{кВар}$$

$$Q_{\text{ВБК}} = 5986,2 + 563,166 + 858,93 - 2040 - 3020,04 - 2103,3 = 244,956 \text{кВар}$$

$$Q_{\text{ВБКшин}} = \frac{Q_{\text{ВБК}}}{2} \quad (1.34)$$

$$Q_{\text{ВБКшин}} = \frac{244,956}{2} = 122,478 \text{кВар}$$

ВБК таңдаймыз УКЛ10-130ЛУ3

1.8 Цемент зауытының жүктемесі бойынша дәл қуатты есептеу

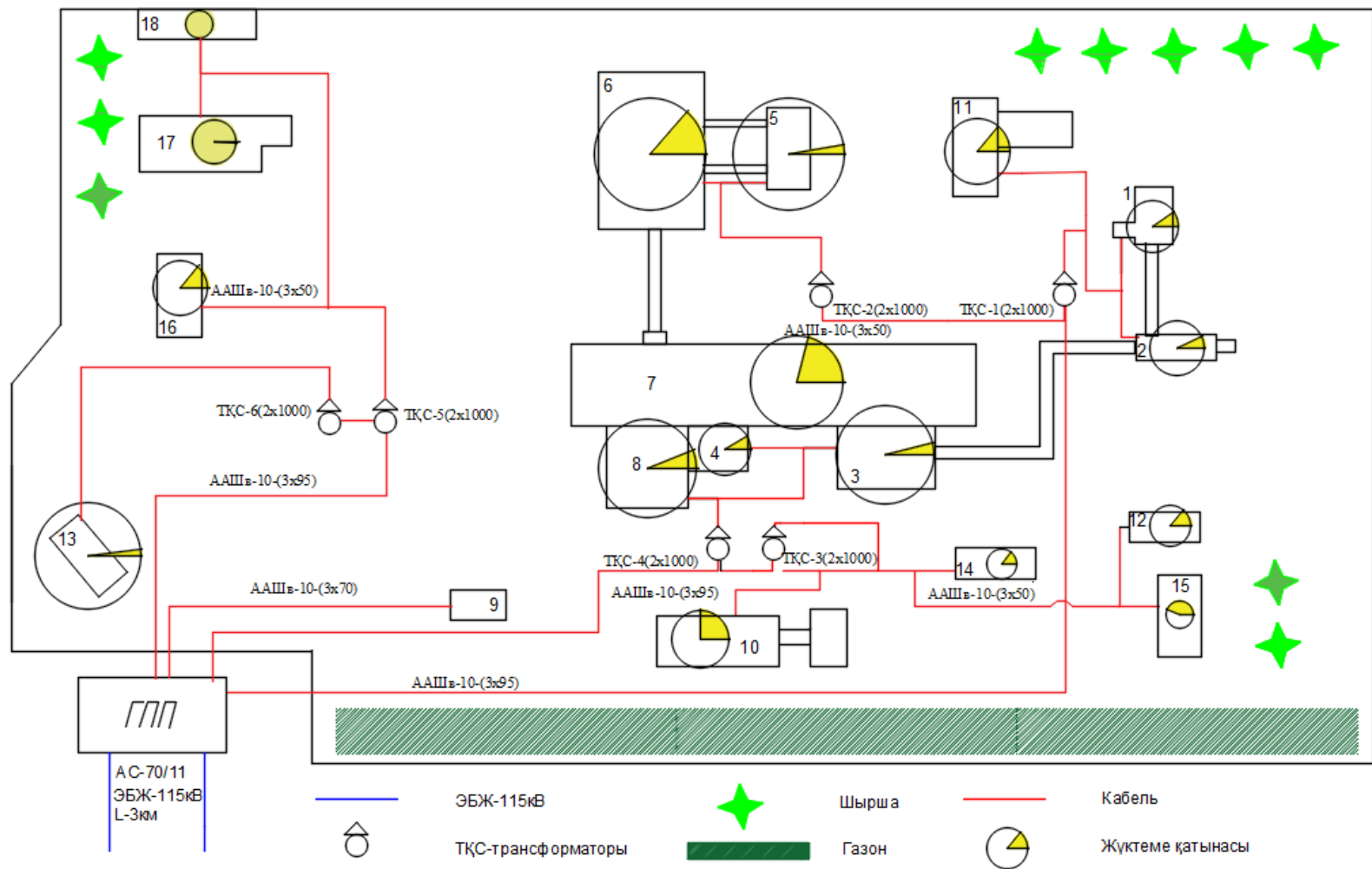
Цемент зауытының бас жоспары (1.3-сурет) көрсетілген

1.8 – кесте зауыттың жүктемесін дәлдік есебі

ТҚС нөмірі	Цехтің нөмірлері	ЭҚ саны n	Номиналды қуат		Ки	Орташа жүктеме		n _э	Км	Еседелген қуат			Кз
			$P_{min} - P_{max}$ кВт	$\sum P_H$ кВт		Рсм кВт	Qсм кВар			P _p кВт	Q _p кВар	S _p кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТҚС №1-2 (4x1000кВА)	1	15	10-40	350	0,5	175	131,25						
	2	14	15-60	380	0,5	190	142,5						
	5	35	20-200	2000	0,4	800	1064						
	6	29	40-200	1850	0,4	740	555						
	11	30	14-90	1100	0,2	220	193,6						
күштік		123	10-200	5680	0,4	2125	2086,35	57	1,12	2380	2086,35		
Жарықтандыру $Q_{нбк} = (4x180квар)$										241,744	120,872 -720		
Қорытынды										2621,744	1487,222	3014,19	0,76
ТҚС №3-4 (4x1000кВА)	3	68	12-57	1690	0,6	1014	628,68						
	4	22	3-40	300	0,7	210	157,5						
	10	30	25-85	780	0,2	156	137,28						
	12	35	1-30	340	0,3	102	76,5						
	13	45	10-80	1370	0,65	890,5	667,87						
	14	14	5,8-27	136	0,3	40,8	54,26						
	15	10	6-15	100	0,3	30	39,9						
күштік		224	1-85	4716	0,43	2413,3	1739,99	111	1,07	2582,23	1739,99		
Жарықтандыру $Q_{нбк} = (4x180квар)$										190,276	95,138 -720		
Қорытынды										2772,506	1115,128	3011,6	0,76

1.8 – кесте жалғасы

ТҚС нөмірі	Цехтің нөмірлері	ЭҚ саны	Номиналды қуат		Ки	Орташа жүктеме		n _э	Км	Есептелген қуат			Кз
			$P_{min} - P_{max}$ кВт	$\sum P_n$ кВт		Р _{см} кВт	Q _{см} кВар			Р _р кВт	Q _р кВар	S _р кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТҚС №5-6 (4x1000кВА)	7	50	10-80	1730	0,3	519	690.27						
	8	28	20-100	1400	0,5	700	525						
	16	45	1-25	520	0,5	260	124,8						
	17	35	1-15	150	0,5	75	56,25						
	18	29	1-10	125	0,2	25	25,5						
күштік		187	1-100	3925	0,4	1579	1421,82	79	1,1	1736,9	1421,82		
Территория жарықтандыру										639,797	319,898		
Жарықтандыру $Q_{нбк} = (4 \times 180 \text{квар})$										350,6	175,3 -720		
Қорытынды										2727,29	1197	2978,4	0,75
$\Sigma \Delta P_t, \Sigma \Delta Q$ жүктемесі 0,4 кВ,										8121,54	3799,368		
Компрессорлық СҚ	9	4	1250	5000						4250	-2040		
$Q_{вбк}$											-260		
Барлығы										12371,54	1499,368	12462,06	



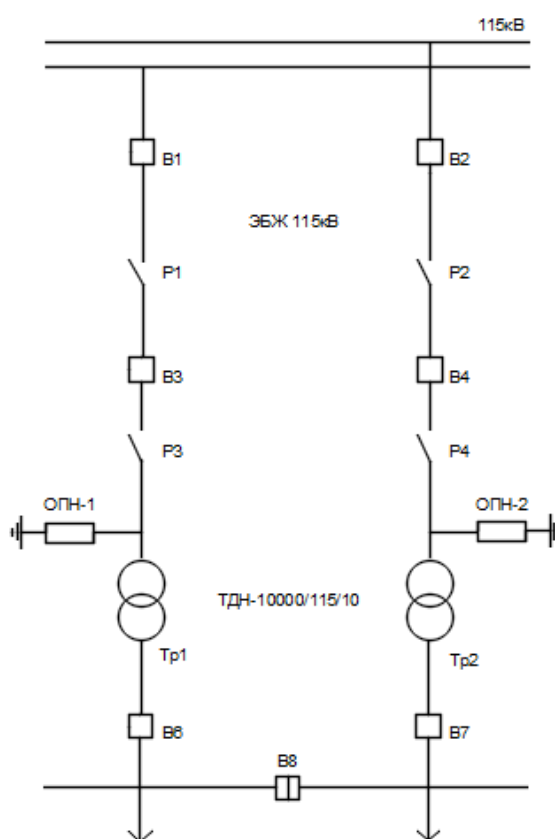
1.3 – сурет - Бас жоспар

2 Электрмен жабдықтаудың нұскаларын салыстыру

Қоректендіру қуаты 32МВА, кернеуі 115/10,5 кВ (трансформаторлар бөлек жұмыс істейді) екі трансформатор орнатылған, қуаты шектеусіз энергия жүйесінің қосалқыстанцияларынан жүзеге асырылуы мүмкін немесе транзиттік дәнекерленген қос тізбекті ЭБЖ-115кВ арқылы, дәнекерлеу орнында К,З қуаты 1500МВа.

Энергожүйеден зауытқа дейінші желінің ұзындығы 5км. Транзиттік желіден зауытқа дейінгі ара қашықтық 3км.

2.1 Транзиттік ЭБЖ 115-кВ дәнекерлеу бойынша есептеу



2.1 - сурет –1 нұсқа транзиттік ЭБЖ бойынша

1 – нұсқа бойынша электр қондырғысын тандаймыз.

1. БТҚС трансформаторын аламыз.

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2} = \sqrt{12371.54^2 + 3020.04^2} = 12734.82 \text{кВА} \quad (2.1)$$

Қуаты 10000кВа болатын екі трансформатор аламыз. Оның жүктелу коэффициенті:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{12734.82}{2 \cdot 10000} = 0.64 \quad (2.2)$$

2.1 кесте Трансформатордың құжаттамадағы мәліметі

Маркасы	Қуат шығыны		Кернеу	Ток
ТДН-10000/110/10	XX кВт	КЗ кВт	КЗ%	XX%
	18	60	10,5	0,9
Бағасы	50 000 000тг			

Трансформатордың қуаттарының шығындары:
Активті қуат шығыны:

$$\Delta P_{\text{тбтқс}} = N \cdot (\Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2) \quad (2.3)$$

$$\Delta P_{\text{тбтқс}} = 2 \cdot (18 + 60 \cdot 0,64^2) = 84,65 \text{ кВт}$$

Реактивті қуат шығыны

$$\Delta Q_{\text{тбтқс}} = 0,02 \cdot (I_{\text{xx}} + U_{\text{кз}} \cdot K_3^2) \cdot S_H \quad (2.4)$$

$$\Delta Q_{\text{тбтқс}} = 0,02 \cdot (0,9 + 10,5 \cdot 0,64^2) \cdot 10000 = 1040,16 \text{ кВар}$$

Трансформатордың энергия шығыны:

Үш сменмен жұмыс істеу кезінде бізде: $T_{\text{вкл}} = 6000 \text{ сағ}$; $T_{\text{макс}} = 6000 \text{ сағ}$
Осы кезде максималды шығын уақыты:

$$\tau = (0,124 + T_m \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 6000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 4592 \text{ с.} \quad (2.5)$$

Трансформатордың қуат шығыны

$$\Delta W = 2 \cdot (\Delta P_{\text{xx}} \cdot T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot \tau \cdot K_3^2) \quad (2.6)$$

$$\Delta W = 2 \cdot (18 \cdot 6000 + 60 \cdot 4592 \cdot 0,64^2) = 441705,98 \text{ кВт. сағ}$$

2. ЭБЖ (Электр беріліс желісі)

ЭБЖ ден өтетін қуат:

$$S_{\text{эбж}} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{тбтқс}})^2 + Q_{\text{э}}^2} \quad (2.7)$$

$$S_{\text{эбж}} = \sqrt{(12371,54 + 100,908)^2 + 3020,04^2} = 12832,872 \text{ кВА}$$

Желідене өтетін есептеу тоғы:

$$I_p = \frac{S_{эбж}}{N \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ВН}} \quad (2.8)$$

$$I_p = \frac{12832.872}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 32.21 \text{ A}$$

Авариялық режидегі ток:

$$I_a = 2 \cdot I_p \quad (2.9)$$

$$I_a = 2 \cdot 32,21 = 64,42 \text{ A.}$$

Экономикалық токтың тығыздығына қарай

$$F = \frac{I_p}{j} \quad (2.10)$$

$$F = \frac{32.21}{1.2} = 26.84 \text{ мм}^2$$

мұндағы $j=1.2 \text{ A/мм}^2$ токтың $T_m=6000$ сағ кезінде және алюминий сымы үшін экономикалық тығыздық шамасы.

115кВ кезінде минималды сымның қимасы 70 мм^2 болуына байланысты. Біз 70 мм^2 қимасы бойынша мына маркадағы сымды таңдаймыз: АС-70/11, оның рұқсат етілген тоғы $I_{\text{шек}} = 265 \text{ A}$

Сымның меншікті кедергісі $r_0 = 0.428 \text{ Ом/км}$ – активті меншікті кедергісі.
 $x_0 = 0.444 \text{ Ом/км}$ – реактивті меншікті кедергі

Сымды ток бойынша тексереміз:

1) Есептік тогы бойынша

$$I_{\text{шек}} > I_e \quad (2.11)$$

$$265 \text{ A} > 32,21 \text{ A}$$

2) Апаттық режимінен кейін қызуын тексереміз. (ол 30% ке артық болуы тиіс):

$$1.3 \cdot I_{\text{шек}} > I_e \quad (2.12)$$

$$344.5 \text{ A} > 64.42 \text{ A}$$

Таңдалған сымның активті кедергісі, маған берілген жағдайда 3км үшін:

$$R = r_0 \cdot l \quad (2.13)$$

мұндағы, l – 3 км, ЭБЖ транзиттік желіден зауытқа дейінгі арақашықтық

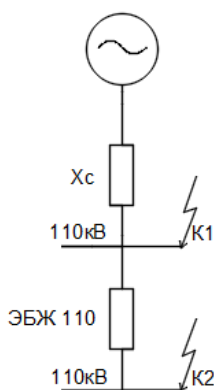
$$R = 0,428 \cdot 3 = 1,284 \text{ Ом}$$

Желінің жылдық шығыны мына формуламен есептеледі.

$$\Delta W_{\text{желі}} = 2 \cdot (3 \cdot I_e^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau) \quad (2.14)$$

$$\Delta W_{\text{желі}} = 2 \cdot (3 \cdot 32.21^2 \cdot 1.284 \cdot 10^{-3} \cdot 4592) = 36702.834 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

2.2 Кернеуі 110кВ желінің нүктелері үшін қысқа тұйықталу тогын есептеу



2.2 - сурет - 110кВ кернеу үшін орын басу схемасы

Базистік қуат:

$$S_6 = 1000 \text{ МВА.}$$

Қысқа тұйықталу қуаты:

$$S_{\text{кз}} = 1500 \text{ МВА}$$

Жүйенің кедергісі:

$$x_c = \frac{S_6}{S_{\text{кз}}} \quad (2.15)$$

$$x_c = \frac{1000}{1500} = 0.67 \text{ с. б.}$$

Базистік ток:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2.16)$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5.02 \text{кА};$$

Желінің кедергісі

$$x_{\text{ЭБЖ}} = \frac{S_6 \cdot l \cdot x_0}{U_{\text{орт}}^2} \quad (2.17)$$

$$x_{\text{ЭБЖ}} = \frac{1000 \cdot 3 \cdot 0,444}{115^2} = 0.1 \text{ с. б.}$$

Қысқа тұйықталу тогын есептейміз:

К1 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тогы:

$$I_{\text{қт. к1}} = \frac{I_6}{x_c} \quad (2.18)$$

$$I_{\text{қт. к1}} = \frac{5.02}{0.67} = 7.49 \text{кА}$$

К2 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тогы:

$$I_{\text{қт. к2}} = \frac{I_6}{x_c + x_{\text{ЭБЖ}}} \quad (2.19)$$

$$I_{\text{қт. к2}} = \frac{5.02}{0.67 + 0,1} = 6,52 \text{кА}$$

Соққылық токтың формуласы

$$i_c = k_c \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{қт}} \quad (2.20)$$

мұндағы $k_c = 1.8$ соққы коэффициенті

К1 және К2 нүктесіндегі соққылық ток:

$$i_{c \text{ к1}} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.49 = 19,06 \text{кА}$$

$$i_{c \text{ к2}} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 6,52 = 16,59 \text{кА}$$

110кВ үшін ЭБЖ – дан бастап, БТҚС зауытына дейін ажыратқыш және айырғыш түрлерін тандаймыз.

2.2 - кесте - В1 және В2 ажыратқыштарына элекгазды ажыратқыш таңдаймыз ВГТ-110Б2000-40У1

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	110кВ > 110кВ
$I_n \geq I_{ав.желі}$	2000А > 64.42А
$I_{откл} \geq I_{к1}$	40кА > 7.49кА
$I_{дин} \geq i_{с к1}$	102кА > 19.06кА
Бағасы	10 300 000тг

2.3 - кесте - В3 және В4 ажыратқыштарына элекгазды ажыратқыш таңдаймыз ВГТ-110Б2000-40У1

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	110кВ > 110кВ
$I_n \geq I_{ав.желі}$	2000А > 64.42А
$I_{откл} \geq I_{к2}$	40кА > 6.52кА
$I_{дин} \geq i_{с к2}$	102кА > 16.59кА

2.4 - кесте - Р1 және Р2 айырғыштарына мына моделдегі айырғыш тандалады РД32-110/1000УХЛ1

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	110кВ > 110кВ
$I_n \geq I_{ав.желі}$	1000А > 64.42А
$I_{откл} \geq I_{к1}$	31.5кА > 7.49кА
$I_{дин} \geq i_{с к1}$	80кА > 19.06кА
Бағасы	1 400 000тг

2.5 – кесте - Р3 және Р4 айырғыштарына мына моделдегі айырғыш тандалады РД32-110/1000УХЛ1

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	110кВ > 110кВ
$I_n \geq I_{ав.желі}$	1000А > 64.42А
$I_{откл} \geq I_{к2}$	31.5кА > 6.52кА
$I_{дин} \geq i_{с к2}$	80кА > 16.59кА

Асқын кернеуден шектеуіш (ОПН) таңдау кернеудің деңгейіне байланысты алынады.

ОПН1-2 асқын кернеу шектеуішке мына түрін тандап аламыз: ОПН-110У1 бағасы 125 000тг

Таңдалған жабдықтардың бағасын ескеріп оның капиталдық шығындарын есептейміз:

В1-2 ажыратқышына кететін шығын:

$$K_{\text{ажыр } 1-2} = 2 \cdot N_{\text{бағ}} \quad (2.21)$$

$$K_{\text{ажыр } 1-2} = 2 \cdot 10.3 = 20.6 \text{ млн. тг}$$

В3-4 ажыратқышына кететін шығын:

$$K_{\text{ажыр } 3-4} = 2 \cdot N_{\text{бағ}} \quad (2.22)$$

$$K_{\text{ажыр } 3-4} = 2 \cdot 10.3 = 20.6 \text{ млн. тг}$$

Р1-2 ажыратқышына кететін шығын:

$$K_{\text{айыр } 1-2} = 2 \cdot N_{\text{бағ}} \quad (2.23)$$

$$K_{\text{айыр } 1-2} = 2 \cdot 1.4 = 2.8 \text{ млн. тг}$$

Р3-4 ажыратқышына кететін шығын:

$$K_{\text{айыр } 3-4} = 2 \cdot N_{\text{бағ}} \quad (2.24)$$

$$K_{\text{айыр } 3-4} = 2 \cdot 1.4 = 2.8 \text{ млн. тг}$$

БТҚС трансформаторына кететін шығын:

$$K_{\text{тр}} = 2 \cdot N_{\text{бағ}} \quad (2.25)$$

$$K_{\text{тр}} = 2 \cdot 50 = 100 \text{ млн. тг}$$

ОПН1-2 кететін шығын:

$$K_{\text{ОПН1-2}} = 2 \cdot N_{\text{бағ}} \quad (2.26)$$

$$K_{\text{ОПН1-2}} = 2 \cdot 0.125 = 0.250 \text{ млн. тг}$$

Желіге кететін шығын

$$K_{\text{желі}} = 2 \cdot N_{\text{бағ}} \quad (2.27)$$

$$K_{\text{желі}} = 3 \cdot 20.35 = 61.05 \text{ млн. тг}$$

Жоғарыда есептелген капиталдық шығындардың жиынтық мөлшері төменде көрсетілген.

$$\Sigma K = K_{\text{аж 1-2}} + K_{\text{аж 3-4}} + K_{\text{ай 1-2}} + K_{\text{ай 3-4}} + K_{\text{ОПН1-2}} + K_{\text{тр}} + K_{\text{желі}} \quad (2.28)$$

$$\Sigma K = 20.6 + 20.6 + 2.8 + 2.8 + 0.250 + 100 + 61.05 = 208.1 \text{ млн. тг.}$$

Өндіріс құрылғыларына мен әуе желісінің есебіне кететін амортизациялық ұсталымды есептеу:

$$I_{\text{а.қонд}} = E_{\text{а.қонд}} \cdot K_{\text{қонд}} \quad (2.29)$$

$$I_{\text{а.қонд}} = 0,063 \cdot 147,05 = 9,26 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{а.желі}} = E_{\text{а.желі}} \cdot K_{\text{желі}} \quad (2.30)$$

$$I_{\text{а.қонд}} = 0,028 \cdot 61,05 = 1,71 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{а}} = I_{\text{а.желі}} \cdot I_{\text{а.қонд}} \quad (2.31)$$

$$I_{\text{а}} = 9,26 \cdot 1,71 = 10,97 \text{ млн. тг.}$$

Өндіріс құрылғыларына мен әуе желісінің есебіне кететін эксплуатациялық ұсталымды есептеу:

$$I_{\text{э.қонд}} = E_{\text{э.қонд}} \cdot K_{\text{қонд}} \quad (2.32)$$

$$I_{\text{э.қонд}} = 0,01 \cdot 147,05 = 1,47 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{э.желі}} = E_{\text{э.желі}} \cdot K_{\text{желі}} \quad (2.33)$$

$$I_{\text{э.қонд}} = 0,004 \cdot 61,05 = 0,24 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{э}} = I_{\text{э.желі}} \cdot I_{\text{э.қонд}} \quad (2.34)$$

$$I_3 = 1,47 \cdot 0,24 = 1,71 \text{ млн. тг.}$$

БТҚС трансформаторының және желінің шығыны

$$I_{\text{жоғ}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{БТҚС}} \cdot \Delta W_{\text{желі}}) \quad (2.35)$$

мұндағы $C_0 = 28 \text{ тг./кВт.сағ}$ – электрэнергия шығының құны

$$I_{\text{жоғ}} = 28 \cdot (441705,98 \cdot 36702,834) = 13,39 \text{ млн. тг.}$$

Өндіріс орнының жылдық кететін шығыны мына формуламен есептеледі

$$\Sigma I = I_a + I_3 + I_{\text{жоғ}} \quad (2.36)$$

$$\Sigma I = 10,97 + 1,71 + 13,39 = 26,07 \text{ млн. тг.}$$

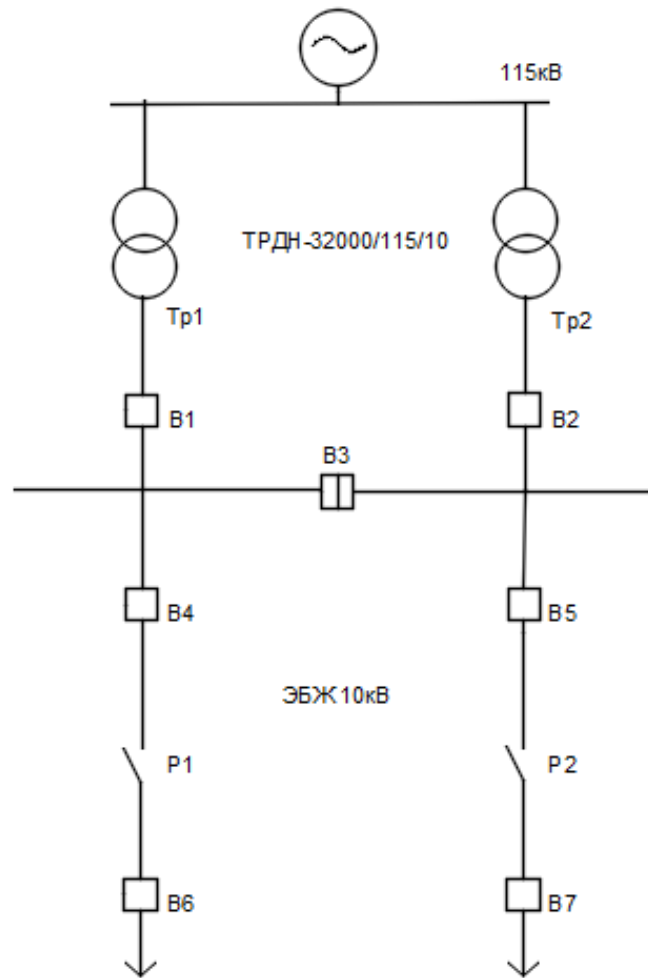
Қорытынды шығынның есептеуі:

$$З = E \cdot K + I \quad (2.37)$$

Мұндағы $E=0,12$ капиталдық жұмыстың тиімділік нормативті коэффициенті.

$$З = 0,12 \cdot 208,1 + 26,07 = 51,04 \text{ млн. тг.}$$

2.3 Энерго жүйеден зауытқа қорек көзін жүргізу



2.3 – сурет - 2 – нұсқа Энергожүйе бойынша

Желі бойынан өтетін қуатты анықтаймыз:

$$S_{\text{желі}} = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2} = \sqrt{12371.54^2 + 3020.04^2} = 12734.82 \text{кВА}$$

Желідене өтетін есептеу тоғы:

$$I_p = \frac{S_{\text{желі}}}{N \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}} \quad (2.38)$$

$$I_p = \frac{12734.82}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10.5} = 350,11 \text{А}$$

Авариялық режидегі ток:

$$I_a = 2 \cdot I_p$$

$$I_a = 2 \cdot 350,11 = 700,22 \text{ A.}$$

Энергожүйедегі трансформатордың тогы

$$I_{\text{тр.р}} = \frac{32000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 879,77 \text{ A;}$$

Энергожүйедегі трансформатордың авариялық режидегі ток:

$$I_a = 2 \cdot I_p$$

$$I_a = 2 \cdot 879,77 = 1759,54 \text{ A.}$$

Экономикалық токтың тығыздығына қарай

$$F = \frac{I_p}{j}$$

$$F = \frac{350,11}{1,5} = 233,43 \text{ мм}^2$$

мұндағы $j=1 \text{ A/мм}^2$

10кВ кезінде минималды сымның қимасы $233,43 \text{ мм}^2$ болуына байланысты біз 185 мм^2 қимасы бойынша мына маркадағы сымды таңдаймыз: 2хАСК-120, оның рұқсат етілген тогы $I_{\text{шек}} = 2 \cdot 275 \text{ A}$

Сымның меншікті кедергісі $r_0 = 0,17 \text{ Ом/км}$ – активті меншікті кедергісі.
 $x_0 = 0,382 \text{ Ом/км}$ – реактивті меншікті кедергі

Сымды ток бойынша тексереміз:

1) Есептік тогы бойынша

$$I_{\text{шек}} > I_p$$

$$650 \text{ A} > 350,11 \text{ A}$$

2) Апаттық режимінен кейін қызуын тексереміз. (ол 30% ке артық болуы тиіс):

$$1,3 \cdot I_{\text{шек}} > I_a$$

$$715 \text{ A} > 700,22 \text{ A}$$

Таңдалған сымның активті кедергісі, маған берілген жағдайда 3км үшін:

$$R = r_0 \cdot l$$

мұндағы, $l - 5$ км, Энерго

$$R = 0,17 \cdot 5/2 = 0.425 \text{ Ом}$$

Желінің жылдық шығыны мына формуламен есептеледі.

$$\Delta W_{\text{желі}} = 2 \cdot (3 \cdot I_e^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau)$$

$$\Delta W_{\text{желі}} = 2 \cdot (3 \cdot 350.11^2 \cdot 0.425 \cdot 10^{-3} \cdot 4592) = 1435330 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

Энергоситемасына трансформатор тандаймыз:

2.6 – кесте - Екі ТРДН-32000/110/10,5 трансформаторын аламыз.

Маркасы	Қуат шығыны		Кернеу	Ток
ТРДН-32000/110/10	XX кВт	КЗ кВт	КЗ%	XX%
	35	145	10,5	0,75
Бағасы	95 000 000тг			

Энергожүйе трансформаторының зауыт қуатына катысты үлесінің коэффициенті:

$$y = \frac{S_{\text{желі}}}{N \cdot S_H} \quad (2.39)$$

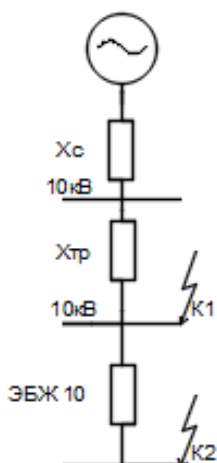
$$y = \frac{12734.82}{2 \cdot 32000} = 0.199$$

Трансформатордың қуат шығыны:

$$\Delta W = 2 \cdot (\Delta P_{\text{xx}} \cdot T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot \tau \cdot y_{\text{тр}}^2) \quad (2.40)$$

$$\Delta W = 2 \cdot (35 \cdot 6000 + 145 \cdot 4592 \cdot 0,199^2) = 472735,86 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

2.4 Кернеуі 10кВ желінің қысқа тұйықталу тогын есептеу



2.4 - сурет

Базистік қуат:

$$S_6 = 1000 \text{ МВА.}$$

Базистік кернеу:

$$U_6 = 10,5 \text{ кВ}$$

Базистік ток:

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

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,98 \text{ кА;}$$

Желінің кедергісі

$$X_{\text{ЭБЖ}} = \frac{S_6 \cdot l \cdot x_0}{U_{\text{орт}}^2} \quad (2.41)$$

$$X_{\text{ЭБЖ}10} = \frac{1000 \cdot 5 \cdot 0,382/2}{10,5^2} = 8,66 \text{ с. б.}$$

Энергожүйе трансформаторы:

$$X_{\text{тр}} = \frac{U_k \cdot S_6}{100 \cdot S_H} \quad (2.42)$$

$$x_{\text{тр}} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 32} = 3,28 \text{ с. б.}$$

Қысқа тұйықталу тогын есептейміз:

К1 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тогы:

$$I_{\text{қт. к1}} = \frac{I_6}{x_{\text{тр}}} \quad (2.43)$$

$$I_{\text{қт. к1}} = \frac{54,98}{3,28} = 16,76 \text{ кА}$$

К2 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тогы:

$$I_{\text{қт. к2}} = \frac{I_6}{x_{\text{тр}} + x_{\text{эбж10}}} \quad (2.44)$$

$$I_{\text{қт. к2}} = \frac{54,98}{8,66 + 3,28} = 4,6 \text{ кА}$$

Соққылық токтың формуласы

$$i_c = k_c \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{қт}}$$

мұндағы $k_c = 1.72$ соққы коэффициенті

К1 және К2 нүктесіндегі соққылық ток:

$$i_{c \text{ к1}} = 1.72 \cdot \sqrt{2} \cdot 16,76 = 40,76 \text{ кА}$$

$$i_{c \text{ к2}} = 1.72 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,6 = 11,19 \text{ кА}$$

10кВ үшін энергожүйеден зауытқа дейін ажыратқыш және айырғыш түрлерін таңдаймыз.

2.7 – кесте - В1 және В2 ажыратқыштарына элекгазды ажыратқыш таңдаймыз ВВЭ-10-31,5/2000Т3

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	10,5кВ > 10,5кВ
$I_n \geq I_{ав.тр}$	2000А > 1759,54А
$I_{откл} \geq I_{к1}$	31,5кА > 16,76кА

2.7 – кесте жалғасы

Тандалу шарты	Тексеру
$I_{дин} \geq i_{с к1}$	80кА > 40,76кА
Бағасы	2 000 000тг

$$U_{ажыр 1-2} = \frac{I_{ав.желі}}{I_{н.ажырі}} \quad (2.45)$$

$$U_{ажыр 1-2} = \frac{1759,54}{2500} = 0,88$$

2.8 – кесте - В3 секциялық ажыратқышқа элегазды ажыратқыш тандалады: ВВЭ-10-31,5/1000У3

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	10,5кВ > 10,5кВ
$I_{н} \geq I_{н.тр}$	1000А > 879,77А
$I_{откл} \geq I_{к1}$	31,5кА > 16,76кА
$I_{дин} \geq i_{с к1}$	80кА > 40,76кА
Бағасы	2 000 000тг

$$U_{ажыр 3} = \frac{I_{ав.желі}}{I_{н.ажырі}} \quad (2.46)$$

$$U_{ажыр 3} = \frac{879,771}{1000} = 0,88$$

2.9 – кесте - В4, және В5 ажыратқыштарына элегазды ажыратқыш таңдаймыз ВВЭ-10-31,5/1000У3

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	10,5кВ > 10,5кВ
$I_{н} \geq I_{ав.тр}$	1000А > 700,22А
$I_{откл} \geq I_{к1}$	31,5кА > 4,6кА
$I_{дин} \geq i_{с к1}$	80кА > 11,19кА
Бағасы	2 000 000тг

2.10 - кесте - Р1 және Р2 айырғыштарына мына моделдегі айырғыш тандалады РВ3-10/1000

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	110кВ > 110кВ

2.10 – кесте жалғасы

Таңдалу шарты	Тексеру
$I_n \geq I_{ав.желі}$	$1000A > 700,22A$
$I_{откл} \geq I_{к1}$	$31,5кА > 4,6кА$
$I_{дин} \geq i_{с к1}$	$81кА > 11,19кА$
Бағасы	210 000тг

Таңдалған жабдықтардың бағасын ескеріп оның капиталдық шығындарын есептейміз:

В1-2 ажыратқышына кететін шығын:

$$K_{ажыр 1-2} = 2 \cdot N_{бағ} \cdot Y_{ажыр 1-2} \quad (2.47)$$

$$K_{ажыр 1-2} = 2 \cdot 2 \cdot 0,88 = 3,52 \text{ млн. тг}$$

В3 ажыратқышына кететін шығын:

$$K_{ажыр 3} = 1 \cdot N_{бағ} \cdot Y_{ажыр 3} \quad (2.48)$$

$$K_{ажыр 3} = 1 \cdot 2 \cdot 0,88 = 1,76 \text{ млн. тг}$$

В4, В5, ажыратқышына кететін шығын:

$$K_{ажыр 4-5} = 2 \cdot N_{бағ} \quad (2.49)$$

$$K_{ажыр 4,5,6,7} = 4 \cdot 2 = 4 \text{ млн. тг}$$

Р1-2 ажыратқышына кететін шығын:

$$K_{айыр 1-2} = 2 \cdot N_{бағ}$$

$$K_{айыр 1-2} = 2 \cdot 0,21 = 0,42 \text{ млн. тг}$$

Энергожүйе трансформаторына кететін шығын:

$$K_{тр} = 2 \cdot N_{бағ} \cdot y \quad (2.50)$$

$$K_{тр} = 2 \cdot 95 \cdot 0,199 = 37,81 \text{ млн. тг}$$

Желіге кететін шығын

$$K_{\text{желі}} = 2 \cdot N_{\text{бағ}}$$

$$K_{\text{желі}} = 5 \cdot 13,17 = 65,85 \text{ млн. тг.}$$

Жоғарыда есептелген капиталдық шығындардың жиынтық мөлшері төменде көрсетілген.

$$\Sigma K = K_{\text{аж } 1-2} + K_{\text{аж } 3} + K_{\text{аж } 4,5,6-7} + K_{\text{ай } 1-2} + K_{\text{тр}} + K_{\text{желі}} \quad (2.51)$$

$$\Sigma K = 3,52 + 1,76 + 4 + 0,42 + 37,81 + 65,85 = 113,36 \text{ млн. тг.}$$

Өндіріс құрылғыларына мен әуе желісінің есебіне кететін амортизациялық ұсталымды есептеу:

$$I_{\text{а.қонд}} = E_{\text{а.қонд}} \cdot K_{\text{қонд}}$$

$$I_{\text{а.қонд}} = 0,063 \cdot 47,51 = 3,22 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{а.желі}} = E_{\text{а.желі}} \cdot K_{\text{желі}}$$

$$I_{\text{а.қонд}} = 0,028 \cdot 65,85 = 1,84 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{а}} = I_{\text{а.желі}} \cdot I_{\text{а.қонд}}$$

$$I_{\text{а}} = 2,37 \cdot 1,84 = 5,06 \text{ млн. тг.}$$

Өндіріс құрылғыларына мен әуе желісінің есебіне кететін эксплуатациялық ұсталымды есептеу:

$$I_{\text{э.қонд}} = E_{\text{э.қонд}} \cdot K_{\text{қонд}}$$

$$I_{\text{э.қонд}} = 0,01 \cdot 47,51 = 0,47 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{э.желі}} = E_{\text{э.желі}} \cdot K_{\text{желі}}$$

$$I_{\text{э.қонд}} = 0,004 \cdot 65,85 = 0,26 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{э}} = I_{\text{э.желі}} \cdot I_{\text{э.қонд}}$$

$$I_{\text{э}} = 0,47 \cdot 0,26 = 0,73 \text{ млн. тг.}$$

БТҚС трансформаторының және желінің шығыны

$$I_{\text{жОҒ}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{БТҚС}} \cdot \Delta W_{\text{желі}})$$

Мұндағы $C_0 = 21 \text{ тг./кВт.сағ}$ – электроэнергия шығының құны

$$I_{\text{жОҒ}} = 21 \cdot (472735,86 + 1435330) = 53,4 \text{ млн. тг.}$$

Өндіріс орнының жылдық кететін шығыны мына формуламен есептеледі

$$\Sigma I = I_a + I_э + I_{\text{жОҒ}}$$

$$\Sigma I = 5,06 + 0,73 + 53,4 = 59,19 \text{ млн. тг.}$$

Қорытынды шығынның есептеуі:

$$З = E \cdot K + I$$

мұндағы $E=0,12$ капиталдық жұмыстың тиімділік нормативті коэффициенті.

$$З = 0,12 \cdot 116,97 + 59,19 = 73,22 \text{ млн. тг.}$$

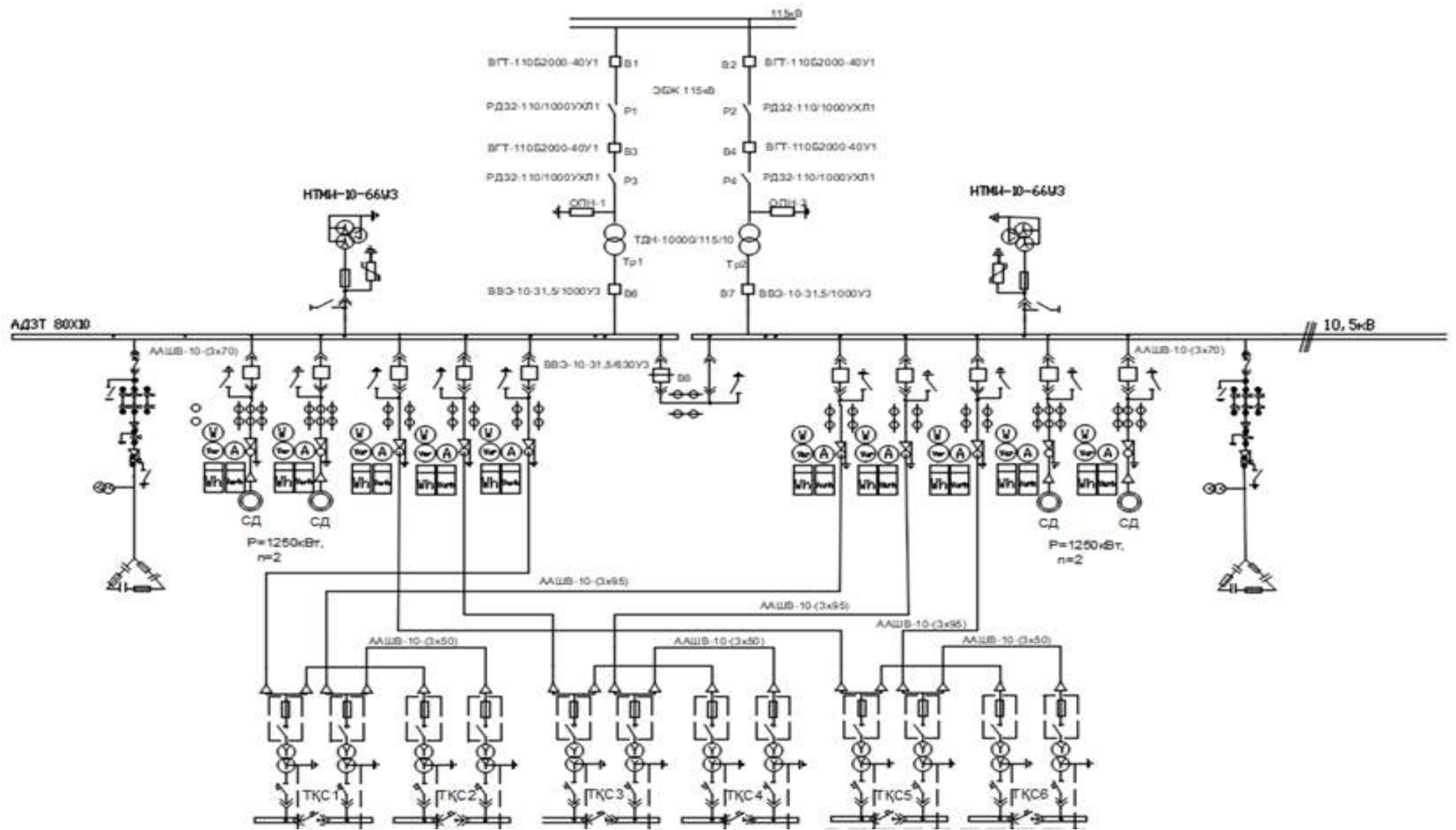
2.11 – кесте - 2 нұсқаның капиталдық шығындарын салыстырамыз

Нұсқа	U_n , кВ	ΣK , млн.тг.	ΣI , млн.тг.	З, млн.тг.
1	115	208,1	26,07	51,04
2	10.5	112,97	59,19	73,22

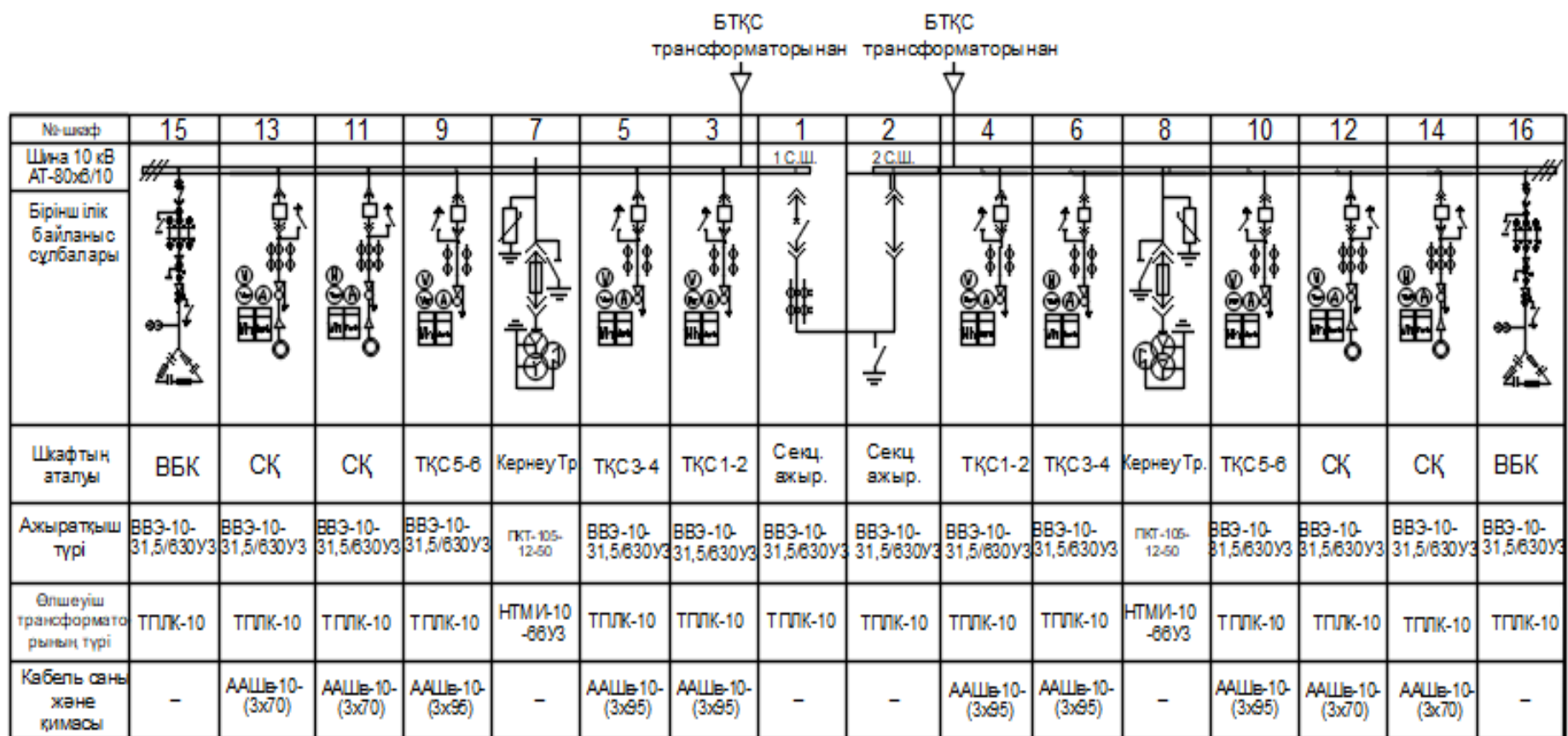
Кестедегі салыстырылған шығынға қарап 115кВ тік транзиттік желіден жалғанған 1 ші – нұсқаның тиімді екенін көреміз

Цемент зауытының бір желілік сұлбасы (2.5 – сурет) көрсетілген.

10кВ тарату жүйесінің секцияларының толтыру сұлбасы (2.6 – сурет) көрсетілген



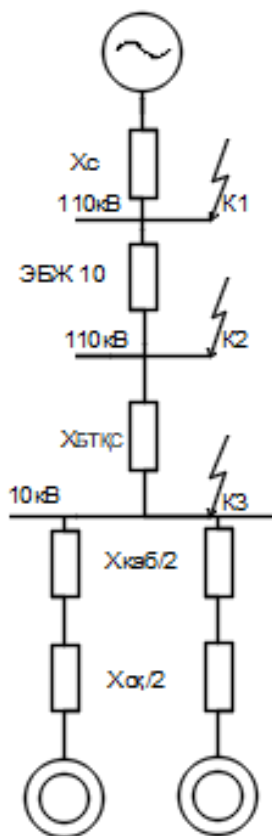
2.5 – сурет – Цемент зауытының бір желелік сұлба



2.6 – сурет – 10кВ тарату құрылғысының секцияларын толтыру сұлбасы

2.5 Кернеуі 10кВ – қа арналған жоғары вольтті жабдықтарды таңдау

Синхронды қозғалтқышты ескеріп КЗ нүктесіндегі қысқа тұйықталуды тоғын есептеу. Келесі сұлбада (2.6 сурет) алмастыру сұлбасы көрсетілген:



2.6 - сурет

Базистік қуат:

$$S_6 = 1000 \text{ МВА.}$$

Қысқа тұйықталу қуаты:

$$S_{кз} = 1500 \text{ МВА}$$

Жүйенің кедергісі:

$$x_c = \frac{1000}{1500} = 0.67 \text{ с. б.}$$

Базистік ток:

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,9 \text{ кА};$$

Желінің кедергісі

$$X_{\text{эбж115}} = \frac{1000 \cdot 3 \cdot 0,444}{115^2} = 0,1 \text{ с. б.}$$

БТҚС трансформаторыны:

$$X_{\text{БТҚС}} = \frac{U_k \cdot S_6}{100 \cdot S_H} \quad (2.53)$$

$$X_{\text{БТҚС}} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 10} = 10,5 \text{ с. б.}$$

КЗ нүктесіндегі қысқа тұйықталу ток:

$$I_{\text{қт. кз}} = \frac{I_6}{X_c + X_{\text{эбж115}} + X_{\text{БТҚС}}} \quad (2.54)$$

$$I_{\text{қт. кз}} = \frac{54,98}{0,67 + 0,1 + 10,5} = 4,87 \text{ кА}$$

9 шы компрессор цехында орналастырылған СДЗ-2-1250-1500У3 моделдік 4 синхронды қозғалтқыш бар. Толық қуатын келесі формуламен анықтаймыз

Синхронды қозғалтқыштың техникалық деректері (1.7 – кесте) алынды.

$$S_{\text{рСҚ}} = \frac{P_{\text{нСҚ}}}{\cos \varphi} \quad (2.55)$$

$$S_{\text{рСҚ}} = \frac{1250}{0,9} = 1388,88 \text{ кВА}$$

Синхронды қозғалтқыштың есептеік тогын мына формуламен есептейміз.

$$I_{\text{р СҚ}} = \frac{S_{\text{рСҚ}}}{U_H \cdot \sqrt{3}} \quad (2.56)$$

$$I_{\text{р СҚ}} = \frac{1388,88}{10 \cdot \sqrt{3}} = 80,18 \text{ А}$$

Синхронды қозғалтқышқа кабель таңдаймыз:

Кабельдің қимасы экономикалық тығыздық арқылы таңдалады:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{рСК}}}{j_{\text{э}}} \quad (2.57)$$

мұндағы $j_{\text{э}} = 1.2$ ток тығыздығы

$$F_{\text{э}} = \frac{80.18}{1,2} = 66.81$$

Экономикалық тығыздықтың минималды қимасы мына формуламен шығарылады:

$$F_{\text{э}} = a \cdot I_{\text{қт. кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}} \quad (2.58)$$

мұндағы a – желі жасаушысының материалының түріне байланысты таңдалып алюминий желісі үшін 12 ге тең етіп алынады:

$$\sqrt{t_{\text{пр}}} = 0,4 \text{ қорғаныстың жұмыс уақыты}$$

$$F_{\text{э}} = 12 \cdot 4,87 \cdot \sqrt{0,4} = 36,96 \text{ мм}^2$$

ААШВ-10-(3x70) маркалары кабель таңдаймыз;

$$I_{\text{шек}} = 162 \text{ А} > I_{\text{рСК}} = 68.16 \text{ А}$$

Кабельдің мәні бізде $r_0 = 0.447 \text{ Ом/км}$, $x_0 = 0.08 \text{ Ом/км}$

$$X_{\text{каб СК}} = \frac{x_0 \cdot L \cdot S_{\text{б}}}{U_{\text{оп}}^2 \cdot 2} \quad (2.59)$$

$$X_{\text{каб СК}} = \frac{0,08 \cdot 0,29 \cdot 1000}{10,5^2 \cdot 2} = 0,105 \text{ с. б.}$$

$L=290 \text{ м}$ – БТҚС – дан қозғалтқыш орнатылған цехка дейінгі ара қашықтық

Синхронды қозғалтқыштың индуктивті кередегісі мына формуламен шығарамыз:

$$X_{\text{СК}} = \frac{x_d'' \cdot S_{\text{б}}}{N \cdot S_{\text{рСК}}} \quad (2.60)$$

$$X_{\text{СК}} = \frac{0,2 \cdot 1000}{2 \cdot 1.388} = 72.04 \text{ с. б.}$$

$$X_{\text{экв}} = X_{\text{каб СК}} + X_{\text{СК}} \quad (2.61)$$

$$X_{\text{экв}} = 0,105 + 72,04 = 72,145$$

СҚ – тың ЭҚК мәнін есептеу

$$E_H'' = \sqrt{1 + (x_d'')^2 + 2 \cdot x_d'' \cdot \cos\varphi} \quad (2.62)$$

$$E_H'' = \sqrt{1 + 0,2^2 + 2 \cdot 0,2 \cdot 0,9} = 1,18$$

$$E_{CҚ} = E_H'' \cdot \frac{U_H}{U_6} \quad (2.63)$$

$$E_{CҚ} = 1,18 \cdot \frac{10}{10,5} = 1,12$$

СҚ – тың қысқа тұйықталу ток мәнін есептеу

$$I_{ҚТ.СҚ} = \frac{E_{CҚ} \cdot I_6}{x_{ЭҚВ}} \quad (2.64)$$

$$I_{ҚТ.СҚ} = \frac{1,12 \cdot 54,9}{72,145} = 0,85 \text{ кА}$$

Қорек көзінен КЗ нүктесі мен СҚ -тағы қ.т. тогының жиынтығы:

$$\sum I_{ҚТ} = I_{ҚТ.СҚ} + I_{ҚТ. КЗ} \quad (2.65)$$

$$\sum I_{ҚТ} = 4,87 + 0,85 = 5,72 \text{ кА}$$

КЗ - нүктесінің соққы тогы:

$$i_c = k_c \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ҚТ}$$

мұндағы $k_c = 1.8$ соққы коэффициенті

$$i_{c \text{ КЗ}} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 5,72 = 14,56 \text{ кА}$$

2.6 Кернеуі 10кВ кернеуіне ажыратқыштар таңдау.

Кірістегі ажыратқыштарды таңдау

$$S_{рБТҚС} = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2} = \sqrt{12371.54^2 + 3020.04^2} = 12734.82 \text{ кВА}$$

БТҚС трансформаторының тогы:

$$I_{\text{тр БТҚС}} = \frac{S_{\text{трБТҚС}}}{U_{\text{н}} \cdot \sqrt{3} \cdot 2} \quad (2.66)$$

$$I_{\text{тр БТҚС}} = \frac{12734,82}{10 \cdot \sqrt{3} \cdot 2} = 367,62 \text{ А}$$

Апаттық жағдайдағы ток:

$$I_{\text{ав.тр БТҚС}} = 2 \cdot I_{\text{тр БТҚС}} \quad (2.67)$$

$$I_{\text{ав.тр БТҚС}} = 2 \cdot 367,62 = 735,24 \text{ А}$$

2.12 - кесте - Кіріс ажыратқышы вакуумды ажыратқыш: ВВЭ-10-31,5/1000У3 таңдаймыз

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{\text{н.в}} \geq U_{\text{н.с}}$	10,5кВ > 10,5кВ
$I_{\text{н}} \geq I_{\text{ав}}$	1000А > 735,24А
$I_{\text{откл}} \geq I_{\text{кз}}$	31,5кА > 5,72кА
$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{с кз}}$	80кА > 14,56кА

2.13 - кесте - Екі желіні қосатын секциялық вакуумды ажыратқыш ВВЭ-10-31,5/630У3 таңдаймыз

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{\text{н.в}} \geq U_{\text{н.с}}$	10,5кВ > 10,5кВ
$I_{\text{н}} \geq I_{\text{ав}}$	1000А > 367,62А
$I_{\text{откл}} \geq I_{\text{кз}}$	31,5кА > 5,72кА
$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{с кз}}$	80кА > 14,56кА

№1 магистраль

БТҚС – дан ТҚС 1-2 ге арналған ажыратқыш түрін таңдау:

$$S_{\text{р ТҚС 1-2}} = \sqrt{(P_{\text{рМ1}} + \Delta P_{\text{рМ1}})^2 + (Q_{\text{рМ1}} + \Delta Q_{\text{рМ1}})^2} \quad (2.68)$$

$$S_{\text{р ТҚС 1-2}} = \sqrt{(2621,744 + 35,247)^2 + 1487,222 + 195,928)^2} = 3145,24 \text{ кВА}$$

1 – ші магистралдын есептік тогын есептеу

$$I_{pM1} = \frac{S_{p\text{ТҚС } 1-2}}{U_H \cdot \sqrt{3} \cdot 2} \quad (2.69)$$

$$I_{pM1} = \frac{3145,24}{10 \cdot \sqrt{3} \cdot 2} = 90,79\text{А}$$

Апаттық жағдайдағы ток:

$$I_{ав.М1} = 2 \cdot I_{тр\text{ БТҚС}} \quad (2.70)$$

$$I_{авМ1} = 2 \cdot 90,79 = 181,59\text{А}$$

2.14 - кесте - №1 магистралға арнап вакуумды ажыратқыш ВВЭ-10-31,5/630У3 таңдаймыз

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	10,5кВ > 10,5кВ
$I_H \geq I_{авМ1}$	1000А > 181,59А
$I_{откл} \geq I_{кз}$	31,5кА > 5,72кА
$I_{дин} \geq i_{с кз}$	80кА > 14,56кА

2.15 - кесте - Келесі магистралдардың ажыратқыштары осы секілді есептеледі:

Нөмірі	Ажыртқыш маркасы	Кернеу кВ	Ток бойынша		Қ.т бойынша		Соққы тогы	
			$I_{H\text{ ажыр}}$	$I_{ав}$	$I_{откл}$	$I_{кз}$	$I_{дин}$	$i_{с кз}$
ТҚС1-2	ВВЭ	10	630	181,59	31,5	5,72	80	14,56
ТҚС3-4	ВВЭ	10	630	178,65	31,5	5,72	80	14,56
ТҚС5-6	ВВЭ	10	630	177,99	31,5	5,72	80	14,56

БТҚС – дан СҚ ға ажыратқыш таңдау

$$I_{pCQ} = \frac{S_{p\text{СҚ} \cdot K_3}}{U_H \cdot \sqrt{3}} \quad (2.71)$$

$$I_{pCQ} = \frac{1388,88 \cdot 0,85}{10 \cdot \sqrt{3}} = 68,16\text{А}$$

2.16 - кесте - Синхронды қозғалтқышқа арнап вакуумды ажыратқыш ВВЭ-10-31,5/630У3 таңдаймыз

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	10,5кВ > 10,5кВ

2.16 - кесте жалғасы

Тандалу шарты	Тексеру
$I_H \geq I_{pCK}$	1000A > 68,16A
$I_{откл} \geq I_{кз}$	31,5кА > 5,72кА
$I_{дин} \geq i_{с кз}$	80кА > 14,56кА

10 кВ шиналарға қосылып тұрған ВБК -ға арнап ажыратқыш таңдаймыз:

$$I_{p ВБК} = \frac{Q_{ВБКшин}}{U_H \cdot \sqrt{3}} \quad (2.72)$$

$$I_{p ВБК} = \frac{130}{10 \cdot \sqrt{3}} = 7.5A$$

2.17 - кесте - 10кВ шинаға қосылған ВБК - ға арнап вакуумды ажыратқыш ВВЭ-10-31,5/630У3 таңдаймыз

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	10,5кВ > 10,5кВ
$I_H \geq I_{pВБК}$	1000A > 7,5A
$I_{откл} \geq I_{кз}$	31,5кА > 5,72кА
$I_{дин} \geq i_{с кз}$	80кА > 14,56кА

ТҚС1-ТҚС-6 трансформаторларына жүктеме ажыратқышын таңдау:

$$I_{pТҚС} = \frac{S_{н.трТҚС}}{U_H \cdot \sqrt{3}} \quad (2.73)$$

$$I_{pТҚС} = \frac{1000}{10 \cdot \sqrt{3}} = 57,73$$

Апаттық жағдайдағы ток:

$$I_{ав.М1} = 2 \cdot I_{тр БТҚС} \quad (2.74)$$

$$I_{авМ1} = 2 \cdot 57,73 = 115,46A$$

2.18 - кесте - ТҚС трансформаторларына мына жүктеме ажыратқышын таңдаймыз ВНРП-10/400, ПКТ-104-10/160 У3 сақтандарғышы бар.

Тандалу шарты	Тексеру
$U_{н.в} \geq U_{н.с}$	10кВ > 10кВ

2.18 – кесте жалғасы

Тандалу шарты	Тексеру
$I_H \geq I_{авТҚС}$	$400A > 115,46A$
$I_{дин} \geq i_{с кз}$	$25кА > 14,56кА$

2.7 Жоғары вольтты кабельдерді таңдау.

№1 магистраль

БТҚС – дан ТҚС 1-2 ге кабель таңдау:

$$S_{р ТҚС 1-2} = 3145,24кВА$$

1 – ші магистралдын есептік тогы

$$I_{рМ1} = 90,79A$$

Апаттық жағдайдағы ток:

$$I_{авМ1} = 2 \cdot 90,79 = 181,59A$$

Экономикалық ток тығыздығы

$$F_{э} = \frac{I_{рМ1}}{j_{э}} \quad (2.75)$$

мұндағы $j_{э} = 1.2$ ток тығыздығы

$$F_{э} = \frac{90,79}{1,2} = 75,66 \text{ мм}^2$$

Термиялық беріктігі

$$F_{э мии} = a \cdot I_{қт. кз} \cdot \sqrt{t_{пр}}$$

$$F_{э минн} = 12 \cdot 4,87 \cdot \sqrt{0,4} = 36,96 \text{ мм}^2$$

ААШВ-10-(3х95) маркалы алюминий кабель аламыз шектік тогы
 $I_{шек каб} = 192 A$

Кабельдің касиетін тексереміз:

$$I_{шек каб} > I_{рМ1}$$

$$192 A > 90,79 A$$

Түзету коэффициенті бойынша:

$$I_{\text{шек каб}} > I_{pM1}/K_{\Pi}$$

мұндағы $K_{\Pi} = 0,81$ түзету коэффициенті. Траншеяда 4 кабель бар

$$I_{\text{шек каб}} > \frac{90,79}{0,81} \text{ A}$$

$$192 \text{ A} > 112,08 \text{ A}$$

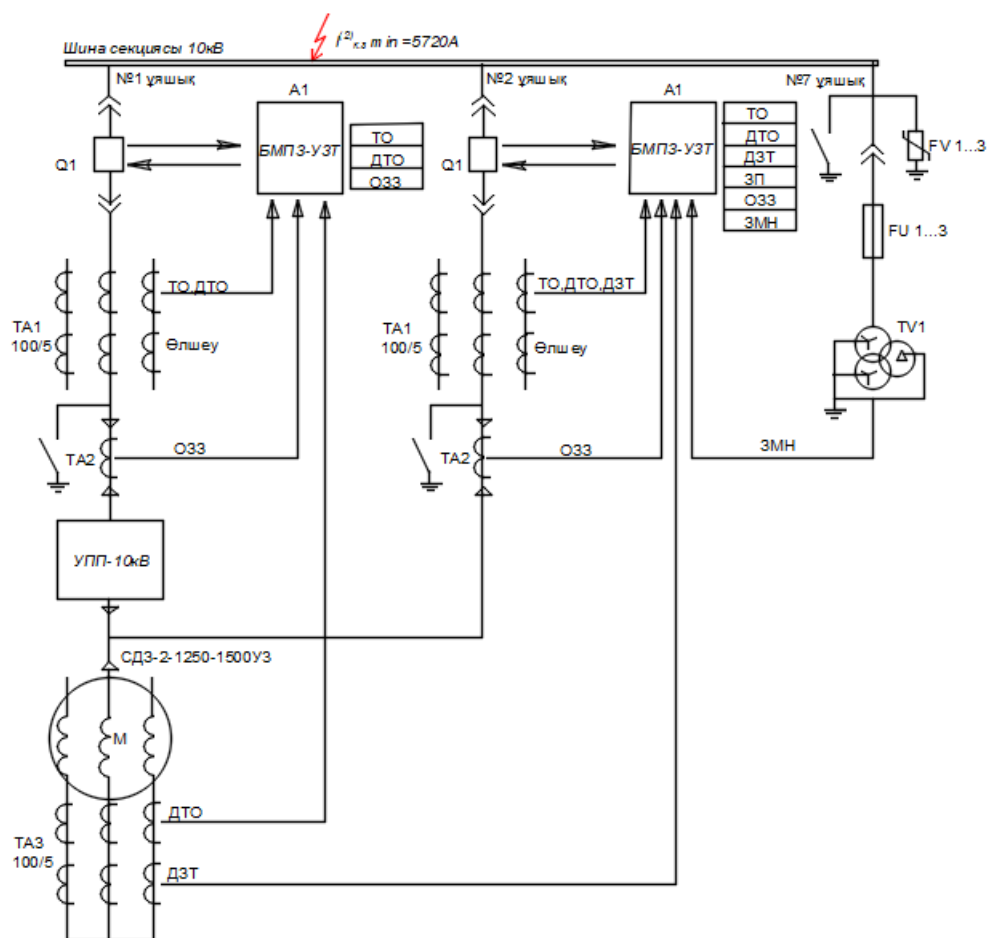
Қалған магистралда БТҚС-ТҚС ларға аналогты түрде кабельдік есептеме жүргізіліп (2.19 кесте) таңдалады.

2.19 - кесте - Кабельдік журнал

Аймақ атауы	S _p ,кВА	Траншея-дағы кабель саны	Экономикалық беріктік		Қысқа тұйықталу тогына байланысты		Жұмыс жасау тогына байланысты		Апаттық тогына байланысты		Рұқсат етілген жүктемеге байланысты мм ²		Таңдалған кабель
			j _э	F _э мм ²	I _к кА	F _{э мин} мм ²	I _{шек каб} кА	I _p А	1,3I _{шек} кА	I _{ав} А	K _п	F _{э мин} мм ²	
БТҚС-ТҚС1	3145,24	4	1.2	75,66	5,72	36,96	192	90,79	249,6	181,59	0,81	95	ААШВ-10-(3x95)
ТҚС1-ТҚС-2	1572,62	2	1.2	37,83	5,72	36,96	145	45,39	188,5	90,79	0,92	50	ААШВ-10-(3x50)
БТҚС-ТҚС3	3094,56	4	1.2	74,44	5,72	36,96	192	89,33	249,6	178,66	0,81	95	ААШВ-10-(3x95)
ТҚС3-ТҚС-4	1547,28	2	1.2	37,22	5,72	36,96	145	44,66	188,5	89,33	0,92	50	ААШВ-10-(3x50)
БТҚС-ТҚС5	3082,92	4	1.2	74,15	5,72	36,96	192	89,05	249,6	177,99	0,81	95	ААШВ-10-(3x95)
ТҚС5-ТҚС-6	1542,46	2	1.2	37,07	5,72	36,96	145	44,52	188,5	89,05	0,92	50	ААШВ-10-(3x50)
БТҚС-СҚ	1388,8	4	1.2	66.81	5,72	36,96	162	80.18	210,6	160.36	0,81	70	ААШВ-10-(3x70)

3 Кернеуі 10кВ синхронды қозғалтқыштың қорғаныс түрлері

Қорғаныс жүйелерінің негізгі міндеті — қозғалтқыштарды қысқа тұйықталу, шамадан тыс жүктеме, фазалардың асимметриясы, кернеудің төмендеуі немесе жоғарылуы, статор мен ротордың қызып кетуі сияқты қауіпті жағдайлардан қорғау. Бұл міндетті орындау үшін реле қорғанысы, жылулық бақылау, автоматты өшіру жүйелері, ток және кернеу трансформаторлары сияқты құралдар қолданылады. Қорғаныстың бірнеше түрлері синхронды қозғалтқышты қорғау үшін пайдаланыды. Және де БМПЗ-УЗТ шкафында құрылымды сұлба негізінде (3.1 – сурет) қорғаныстың түрлері мен жалғануы көрсетілген.



3.1 – сурет – синхронды қозғалтқыштың релелік қорғанысының құрылымдық схемасы

Көпфазалы қысқа тұйықталудан қорғау үшін сақтандырғыштар, уақыт ұстамсыз ток кесу, дифференциалды қорғаныстар қолданылады.

Шамадан тыс жүктемеден қорғау. Технологиялық себептерге байланысты шамадан тыс жүктемеге ұшыраған электр қозғалтқыштарында, сондай-ақ іске қосу ұзақтығы 20 с және одан жоғары жағдайлары неғұрлым ауыр электр қозғалтқыштарында шамадан тыс жүктемеден қорғау көзделеді. Шамадан тыс

жүктеме симметриялы режим болып табылады, сондықтан одан қорғауды электр қозғалтқышының кез келген фазасына қосылған бір реле орындауға болады.

3.1 Ток кесу және фазааралық қысқа тұйықталу қорғанысы

Фазааралық қысқа тұйықталу (КЗ) электр машиналарында, соның ішінде синхронды қозғалтқыштарда, әсіресе жоғары кернеуде (мысалы, 10 кВ) жұмыс істейтін ең қауіпті зақымданулардың бірі болып табылады. Мұндай тұйықталу екі фаза арасындағы оқшаулау бұзылған кезде пайда болады, нәтижесінде орамалардағы токтың күрт өсуі байқалады. Бұл қызып кетуге, оқшаулаудың бұзылуына, роторға немесе статорға механикалық зақым келтіруге және ең нашар жағдайда өртке әкелуі мүмкін.

Ток кесу-синхронды және асинхронды электр қозғалтқыштарын қорғаудың маңызды түрлерінің бірі. Ол фазааралық қысқа тұйықталу немесе токтың күрт өсуімен бірге жүретін басқа апаттық режимдер пайда болған кезде қозғалтқышты тез өшіруге арналған.

Бұл қорғаныс уақытты сақтамай жұмыс істейді, яғни тізбектегі ток белгіленген нүктеден асқаннан кейін бірден. Бұл статор орамаларының және қозғалтқыштың басқа элементтерінің жылу және механикалық зақымдануын болдырмауға, сондай-ақ апаттың электр желісінің іргелес аймақтарына таралуын болдырмауға мүмкіндік береді.

Әрекет принципі: ток кесу жүйесі қозғалтқыштың қуат тізбегіне қосылған ток трансформаторларынан (ТТ) деректерді пайдаланады. Ток мәні алдын-ала белгіленген шектен асқанда, қорғаныс релесі (электромеханикалық, электронды немесе сандық) жүктеме қосқышын немесе қуат ажыратқышын өшіру туралы бұйрық береді.

Схеманың негізгі элементтері:

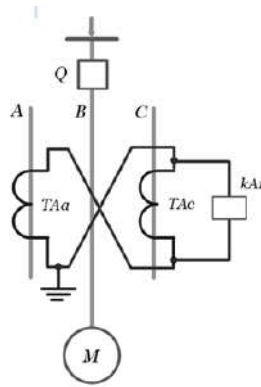
- ток трансформаторлары;
- ток кесу релесі;
- коммутациялық құрылғы (мысалы, вакуумдық қосқыш);
- басқару және дабыл тізбектері.

Ток кесуді орнату мыналарды қамтамасыз етуі керек:

- тұрақты іске қосу кезінде қорғаныс жұмыс істемеуі үшін іске қосу токтарына төзімділік;

- қысқа тұйықталуға сезімталдық, әсіресе қозғалтқыш орамасының терминалдарында.

2000кВт қа қозғалтқыштар үшін дейінгі қуатта бір релелі қорғаныс орнатылады (3.2 – сурет)



3.2 - сурет – бір релелік қорғаныс

Синхронды қозғалтқыштың номиналды тогы

$$I_{p\text{ СҚ}} = \frac{P_{\text{СҚ}} \cdot K_3}{U_{\text{н}} \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi \cdot n} \quad (3.1)$$

$$I_{p\text{ СҚ}} = \frac{1250}{10 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 0,96} = 80,18\text{A}$$

Іске қосылу кезіндегі ток

$$I_{\text{пуск СҚ}} = I_{p\text{ СҚ}} \cdot K_{\text{п}} \quad (3.2)$$

$$I_{\text{пуск СҚ}} = 80,18 \cdot 5 = 400,9\text{A}$$

Коэффициент пуска 5-7 аралығында болады.

Мына формула арқылы қорғаныстың өшіру тогын есептейміз

$$I_{\text{с.з}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{пуск СҚ}} \quad (3.3)$$

$$I_{\text{с.з}} = 1,6 \cdot 400,9 = 668,16$$

мұндағы $k_{\text{отс}} = 1,6-1,8$ синхронды қозғалтқыштар үшін.

Сезімталдық коэффициенті $k_{\text{ч}} > 2$ есептебі төменде көрсетілген:

$$k_{\text{ч}} = \frac{k_{\text{сх}} \cdot I_{\text{қт. кз}}^{(2)}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{с.з}}} > 2 \quad (3.4)$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 4970}{\sqrt{3} \cdot 668,16} = 7,4 > 2$$

Минималды қысқа тұйықталу тогы

$$I_{\text{қт. к3}}^{(2)} = I_{\text{қт. к3}}^{(3)} \cdot 0,87 \quad (3.5)$$

$$I_{\text{қт. к3}}^{(2)} = 5,72 \cdot 0,87 = 4,97 \text{кА}$$

Реленің іске қосылу тогы:

$$I_{\text{с.р}} = \frac{k_c \cdot I_{\text{с.з}}}{n_{\text{тт}}} \quad (3.6)$$

$$n_{\text{тт}} = \frac{I_{\text{нтт}}}{5} = \frac{100}{5} = 20 \text{А} \quad (3.7)$$

мұндағы $I_{\text{нтт}} = 100 \text{А}$ ТПЛК10-У3 ток трансформатордың номиналды тогы

$n_{\text{тт}}$ = трансформатор коэффициенті. Ток трансформаторының екінші орамындағы ток 5А ге тең болады

$$I_{\text{с.р}} = \frac{668,16}{20} = 33,4 \text{А}$$

Ток бойынша РТ-40 типті реле таңдаймыз.

Сезімталдық коэффициент бекітілген мәннен көп яғни шарт орындал. Ток кесудің жұмыс жасайтынын көреміз. Және ток релесінің іске қосылу тогы анықталды

3.2 Төменгі кернеуден қорғау

Кернеудің минималды қорғанысы кернеу рұқсат етілген деңгейден төмен болған кезде электр қозғалтқышын өшіруге арналған. Мұндай қорғаныс әсіресе орташа және жоғары вольтты желілермен жұмыс істейтін синхронды және асинхронды қозғалтқыштар үшін өте маңызды (мысалы, 6-10 кВ), өйткені кернеудің төмендеуі токтың жоғарылауына, орамалардың қызып кетуіне, жұмыс тұрақтылығының жоғалуына, сондай-ақ синхронды қозғалтқыштардағы синхронизмнің бұзылуына әкелуі мүмкін.

Қорғаныс фазалық немесе сызықтық кернеу деңгейін үнемі бақылайтын минималды кернеу релесі (мысалы, РН немесе РНМ) арқылы жүзеге асырылады. Егер кернеу белгіленген нүктеден төмен түссе (әдетте номиналдан 0.7–0.8), реле уақыт кідірісінен кейін Ажыратқышты өшіруге немесе дабыл беруге сигнал береді.

Төменде минималды кернеуге қорғанысын таңдау есебі жүргізілді:

Синхронды қозғалтқыш кедергісі

$$Z_{сд} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_{пуск}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,668} = 8,64 \text{ Ом} \quad (3.8)$$

Трансформатор кедергісі

$$Z_T = \frac{U_K\%}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_T} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{10^2}{10} = 1,05 \text{ Ом} \quad (3.9)$$

Қозғалтқыштың шығысындағы қалдық кернеуі

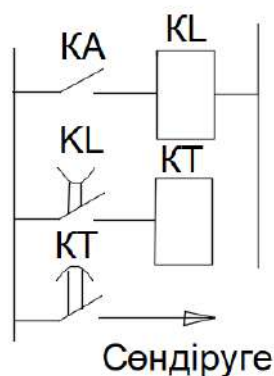
$$U_{ост} = \frac{Z_{сд} \cdot U_H}{Z_{сд} + Z_T} = \frac{8,64 U_H}{8,64 + 1,05} = 0,89 U_H \quad (3.10)$$

Төменгі кернеу қорғанысы $U_{ост} = 0,6 U_H$ дан төмен болған кезінде қолданады. Есепте $U_{ост} = 0,89 U_H$ мәні шығарылды. Яғни төменгі кернеу қорғанысы қажет емес.

3.3 Синхронды қолғалтқышты асинхронды режимнен қорғау

3.2 - суреттен асинхронды режимде ток релесі КА әр цикл ішіндегі контактілерді белгілі мерзімде ашып, оларды Δt уақытында ұстайды. Сондықтан, КТ уақыт релесінің орамасына кернеудің үздіксіз берілуін қамтамасыз ету үшін КЛ аралық релесінің уақыт ұстанымы $t_{в.р}$ Δt уақытынан көп болуы керек.

РПЛ-122М аралық – реле оның ұстаным уақыты 1.5 с



3.3 – сурет - синхронды қозғалтқыштың асинхронды режимнен қорғанысы

Асинхронды режим кезіндегі электрқозғалтқыштың кедергісі

$$X_{сд} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_{пуск}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,668} = 8,64 \text{ Ом} \quad (3.11)$$

Максималды теңестіруші ток

$$i_{\text{тең мах}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot U_H}{\sqrt{3} \cdot X_{\text{сд}}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 8,64} = 1890 \text{ A} \quad (3.12)$$

Ток іске қосылу қорғанысы

$$I_{\text{с.з}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_B} \cdot I_{\text{НОМ}} = \frac{1,2}{0,85} 83,52 = 117,91 \text{ A} \quad (3.13)$$

мұндағы $k_B = 0,85$ ке тең

Қайтару ток қорғанысы

$$I_{\text{в.з}} = k_B \cdot I_{\text{с.з}} \quad (3.14)$$

$$I_{\text{в.з}} = 0,85 \cdot 117,91 = 100,22 \text{ A}$$

Сезімталдық коэффициенті

$$k_{\text{ч}} = \frac{i_{\text{тең мах}}}{I_{\text{с.з}}} \quad (3.15)$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{1890}{117,91} = 16,02$$

Егер $i_{\text{тең мах}} = I_{\text{в.з}}$

$$\sin(\delta/2) = \frac{I_{\text{в.з}}}{i_{\text{тең мах}}} = \frac{100,22}{1890} = 0,053 \quad \delta = 6,1^\circ \quad (3.16)$$

$$t_1 = \frac{\delta}{360^\circ} T_s = \frac{6,1}{360} T_s = 0,017 T_s \text{ c} \quad (3.17)$$

Егер $i_{\text{тең мах}} = I_{\text{с.з}}$

$$\sin(\delta/2) = \frac{I_{\text{с.з}}}{i_{\text{тең мах}}} = \frac{117,91}{1890} = 0,062 \quad \delta = 7,2^\circ \quad (3.18)$$

$$t_2 = \frac{\delta}{360^\circ} T_s = \frac{7,2}{360} T_s = 0,02 T_s \text{ c} \quad (3.19)$$

Уақыт

$$\Delta t = t_1 + t_2 = 0,017 T_s + 0,02 T_s = 0,037 T_s \quad (3.20)$$

Асинхронды режимге өткен кезде индукциялық ток пайда болуы мүмкін оның жиілігі мынаған тең болуы мүмкін $s = (0,02 - 0,05)$

Асинхронды режимге өткенде 1500 айн/мин жиілікті синхронды қозғалтқыштың жиілігі шамамен 1450 айн/мин жиілікке төмендеуі мүмкін. Оның сырғуы шамамен 4% ке тең ол $s = 0,04$

Жиілік шамамен $f_d = 48$ Гц

Теңестіру тогының бір кезеңі

$$Ts = \frac{1}{=f_{\text{ном}} - f_d} = \frac{1}{50 - 48} = 0,5 \text{ с} \quad (3.21)$$

$$\Delta t = 0.037 \cdot 0,5 = 0,0185 \text{ с} \quad (3.22)$$

Ал КЛ аралық реленің уақыты $t_{в,р} = 1.5 \cdot 0,0185 = 0,0277 \text{ с}$

Яғни аралық реленің ұсталымы ток релесінің ұсталымынан көп болады себебі селективность дұрыс болмаса жалған іске қосылып жұмыс жүйесін құртуы мүмкін.

3.4 Асқын жүктемеден қорғау

Электр қозғалтқышының шамадан тыс жүктелуінен қорғау

Шамадан тыс жүктемеден қорғау электр қозғалтқышының номиналды токтан ұзақ уақыт асып кетуіне жол бермеуге арналған, бұл орамалардың оқшаулауының қызып кетуіне және бұзылуына әкелуі мүмкін.

Жұмыс принципі - Шамадан тыс жүктеме кезінде қозғалтқыш номиналды мәннен асатын тоқты тұтынады. Егер бұл жағдай ұзақ уақыт сақталса, орамалардың температурасы жоғарылайды, бұл қозғалтқыштың істен шығуына әкелуі мүмкін. Қорғаудың міндеті-шамадан тыс жүктемені уақтылы анықтау және қатты қыздыру басталғанға дейін қозғалтқышты өшіру.

$$I_{с.з \text{ пер}} = \frac{k_n \cdot I_{\text{ном}}}{k_B} = \frac{1,05 \cdot 80,18}{0,9} = 93,54 \text{ А} \quad (3.23)$$

$$I_{с.р \text{ пер}} = \frac{k_c \cdot I_{с.з \text{ пер}}}{n_{\text{тт}}} = \frac{1 \cdot 93,54}{20} = 4,67 \text{ А} \quad (3.24)$$

РТ-40/10 типті реле қоямыз.

$$k_q = \frac{3I_{\text{ном}}}{I_{с.з}} = 2,57 > 1.25 \quad (3.25)$$

3.5 Қозғалтқыштың бір фазалы тұйықталуынан қорғау

Бір фазалы тұйықталу-бұл қозғалтқыштың қуат беру фазаларының бірі жоғалып, қалған екеуі жұмысын жалғастыратын Төтенше жұмыс режимі. Бұл жағдай ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін: ток асимметриясы, моменттің төмендеуі, қалған фазалардың қызып кетуі және ақырында қозғалтқыштың істен шығуы.

Мұндай зақымданудың алдын алу үшін әртүрлі қорғаныс әдістері қолданылады:

Фазаны басқару релесі-барлық үш фазаның болуын және дұрыс реттілікті бақылайтын құрылғы. Бір фаза жоғалып кетсе, ол қозғалтқыштың қуатын бірден өшіреді, бұл оның штаттан тыс режимде жұмыс істеуіне жол бермейді.

Жылу релесі (шамадан тыс жүктеме релесі) — қалған фазаларға жүктеменің жоғарылауынан туындаған рұқсат етілген токтан асып кеткен кезде іске қосылады. Дегенмен, жылу релесі кідіріспен жұмыс істейді және фазаның күрт үзілуімен қызып кетудің алдын алуға уақыт болмауы мүмкін.

Ағымдағы реле-әр фазаға орнатылады. Токтардың айтарлықтай теңгерімсіздігі болған кезде (бір фазалы режимге тән) қозғалтқыш өшеді.

Қозғалтқышты қорғаудың электронды релесі-бұл көптеген параметрлерді басқаруға мүмкіндік беретін заманауи шешім: фазалардың болуы мен реттілігі, токтардың симметриясы, шамадан тыс жүктеме, жүктеме, кернеудің қисаюы және т.б. мұндай релелер тез және дәл қорғауды қамтамасыз етеді.

Жиілікті реттейтін жетектер (FRP) — егер жүйеде қолданылса, олар фазалардың біреуінің істен шығуын анықтай алады және қозғалтқышты автоматты түрде тоқтатады.

Осылайша, бір фазалы тұйықталудан сенімді қорғауға кешенді тәсіл - фазалық бақылау релесін, жылу немесе электронды қорғауды қолдану арқылы қол жеткізіледі. Бұл әсіресе үш фазалы асинхронды қозғалтқыштар үшін өте маңызды, өйткені бір фаза болмаған кезде жұмыс қысқа уақыт ішінде орамалардың зақымдалуына әкелуі мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста цемент зауытында орналасқан объектілердің жарық және күштік жүктемелерін есептеп, зауыттың қуаты бойынша трансформаторлар саны анықталды. Берілген трансформаторларға реактивті қуатына байланысты компенсациялау құрылғысы таңдалып реактивті қуатты азайттық. Және азайту мен қоса объектілерді қуаты бойынша трансформатор топтарына тең етіп бөлінді. Әрі қарай жоғары вольтты синхронды қозғалтқыштың реактивті активті қуаттары есептелік жоғары вольтті сыйымдылық батареясын орнатылып таңдалды. Сонымен қатар таңдалған трансформатордың шығындары жүктелу коэффициентіне байланысты есептелді. Келесі кезекте зауыттың дәлдік жүктемесе есебі жүргізілді.

Технико экономикалық есепбінде транзиттік 115кВ ЭБЖ дан трансформатор арқылы қорек көзі немесе энергожүйеден шексіз қуат аласын 32МВА лік трансформатордан тікелей энергия алу нұсқалары беріліп, олардың капиталдық, амортизациялық, эксплуатациялық және жылдық шығыны бойынша шығындары есептеліп, бірінші ұсынылған нұсқа таңдалды. Және оған қорғаныс аппараттарын тандап қысқа тұйықталу тоқтарын есептедім. Таңдалған нұсқа бойынша 10кВ шина бөлігінде болатын синхронды қозғалтқышқа қатысты қысқа тұйықталу тогын есептеп оған арнайы кабель таңдалды. Шина кірісіндегі ажыратқыштар мен шина арасындағы секциялық ажыратқышта таңдалды. Әр бөлін трансформатор топтарының тоқтарына қарай ажыратқыш пен кабель маркалары таңдалып есептелінді.

Арнайы бөлімде қозғалтқыштың қорғауы бойынша есептік жұмыстары жүргізіп талқыланды. Асинхронды режимнен қорғау, фазааралық қысқа тұйықталу, бір фазалы жерге тұйықталу, асқын жүктеме, кернеу төмендеуінен қорғаныс түрлері жайлы ақпараттар айтылып олардың қорғаныстарын тексеру есептері шығарылды. Аталған қорғаныс түрлерінің ерекшеліктері мен маңыздылықтары айтылып кетті.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Андреев В.А. Релейная защита электроснабжения Москва – 2014
- 2 Ю.Г. Барибин Справочник по проектированию электроснабжению Москва – 2016
- 3 6-10 кВ синхронды және асинхронды электр қозғалтқыштарын релелік қорғау терминалдары Санкт-петербург 2017
4. Гольдштейн Б.С. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2013. – 456 б.
- 5 Қалиев Е.Е. Электр станциялары мен қосалқы станциялар. – Алматы: Эверо, 2019. – 352 б.
- 6 Махамбетов Т.Ж. Электр энергетика жүйелерінің релелік қорғанысы. – Алматы: ҚазҰТЗУ, 2017. – 298 б.
- 7 Касаткин А.С. Электроснабжение промышленных предприятий. – СПб.: Питер, 2020. – 420 б.
- 8 ГОСТ 7746-2001. Электродвигатели синхронные. Технические условия. – М.: Стандартинформ.
- 9 ПУЭ (Правила устройства электроустановок). 7-е издание. – М.: Энергия, 2020.
- 10 Джусупбеков А.А. Қуатты электр жабдықтары. – Алматы: Энергия, 2018. – 288 б
- 11 СТ КазНІТУ – 09 – 2023. Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала.- КазНІТУ, 2023