

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

Бейбітов Төлеген Бауыржанұлы

**Бейсызықты жүктеме жұмысының термиялық кәсіпорындарындағы  
электр энергиясының сапасына әсері**

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Алматы 2024

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

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»  
Институт энергетики  
и машиностроения

БЕКІТЕМІН

«Энергетика» кафедрасының  
менгерушісі

PhD, қауымдастырылған профессор

Е.А.Сарсенбаев

«17» 06 2024 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Бейсызықты жүктеме жұмысының термиялық  
кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсері»

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Орындаған:

Бейбітов Т.Б.

Пікір беруші  
Ғ. Даукеева атындағы АУЭС Электрондық  
инженерия кафедрасының профессорының  
ассистенті

*Сәтпейі* Юсупова С.А.

«19» 05 2024 ж.

Ғылыми жетекші  
техникалық ғылымдар докторы,  
профессор

*А.Б. Бекбаев* Бекбаев А.Б.

«17» 06 2024 ж.

Алматы 2024

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

« 22 » 07 2024 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Бейбітов Т.Б.

Тақырыбы Бейсызықты жүктеме жұмысының термиялық кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсері.

Университеттің академиялық мәселелер жөніндегі проректорының 04.12.2023 ж. № 548-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «14» маусым 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері.

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны: Термиялық зауытты электрмен жабдықтау мақсатында электр жүктемелерін есептеу, технико-экономикалық есеп жүргізу және сұлбаларын салыстыру, бейсызықты жүктеме жұмысының термиялық кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсерін талдау.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер тізімі: Қоректендіруі әрқайсысының қуаты 25 МВА, кернеуі 35/6кВ екі трансформатор қосалқы станцияда жүргізіледі. Трансформаторлар параллельді жұмыс істейді. Трансформаторлардың жоғарғы кернеу жағындағы қысқа тұйықталу қуаты 1600 МВА болып табылады.

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

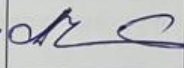
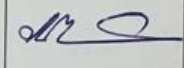
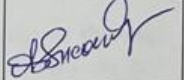
Сызба материалдары слайдтарда көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 8 атау

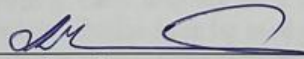
Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Негізгі бөлім	05.02.24 – 10.05.24 ж..	—
Арнайы бөлім	15.05.24 – 20.05.24 ж..	—

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

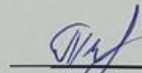
Бөлімдер атауы	Кеңесшілердің аты-жөні, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Бекбаев А.Б, техникалық ғылымдар докторы, профессор	17.06.24	
Арнайы бөлім	Бекбаев А.Б, техникалық ғылымдар докторы, профессор	17.06.24	
Норма бақылау	Бердібеков Ә.О, техникалық ғылымдар магистрі, аға оқытушы	11.06.2024	

Ғылыми жетекшісі

  
(қолы)

А.Б.Бекбаев

Тапсырманы орындауға алған студент

  
(қолы)

Т.Б. Бейбітов

Күні

«17» 06 2024ж

## **АНДАТПА**

Бұл дипломдық жұмыста бейсызықты жүктемелердің термиялық кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсері талданады. Зерттеудің мақсаты - бейсызықты режимдердің зауыт жұмысының тиімділігіне әсерін анықтау. Жүктеменің бейсызықты сипаттамаларын түсіндіру үшін математикалық модельдеу әдістері қолданылады. Бұл зерттеудің нәтижелері бейсызықты жүктемелер кезінде қондырғының қуат жүйесін оңтайландыруға көмектеседі. Алынған нәтижелерді бейсызықты жүктемелер кезінде термиялық зауыттардың энергетикалық жүйесінің тиімділігі мен сенімділігін арттыру үшін пайдалануға болады.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной дипломной работе анализируется влияние нелинейных нагрузок на качество электроэнергии на тепловых предприятиях. Цель исследования – определить влияние нелинейных режимов на эффективность работы установки. Для объяснения нелинейных характеристик нагрузки используются методы математического моделирования. Результаты данного исследования помогают оптимизировать энергосистему тепловых электростанций при нелинейных нагрузках. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности и надежности энергосистемы тепловых электростанций при нелинейных нагрузках.

## **ANNOTATION**

This thesis analyzes the influence of nonlinear loads on the quality of electricity at thermal enterprises. The purpose of the study is to determine the influence of nonlinear modes on the efficiency of the installation. Mathematical modeling methods are used to explain nonlinear load characteristics. The results of this study help optimize the power system of thermal power plants under nonlinear loads. The results obtained can be used to improve the efficiency and reliability of the power system of thermal power plants under nonlinear loads.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	
1	Термиялық зауытты электрмен жабдықтау	8
1.1	Дипломдық жұмысқа бастапқы берілгендері	8
1.2	Цехтардың электр жүктемелерін есептеу	9
1.3	Жарықтандыру жүктемесін есептеу	11
1.4	Электр жүктемелерінің картограммасын есептеу	12
1.5	0.4 кВ кернеудегі реактивті қуатын қарымталау	13
1.6	ДББП пешінің есептік қуатын анықтау	15
1.7	Жоғары кернеудегі есептік жүктемені анықтау	16
1.8	Есептік қуаттың белсенді және реактивті шығындарын анықтау	18
2	Сыртқы электрмен жабдықтаудың нұсқаларын салыстыру	21
2.1	Қысқа тұйықталу токтарын есептеу	27
2.2	Екінші нұсқа бойынша өндіріс орнына дейінгі сымдар мен қондырғыларды таңдау	29
2.3	Кернеуі U–6 кВ-қа жабдықтар таңдау	36
3	Бейсызықты жүктеме жұмысының термиялық кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсері	44
3.1	Жұмысты модельдеу	45
3.2	Нәтижелерді талдау	46
3.3	Гармоникалық бұрмалану коэффициентін есептелуі	48
3.4	Мәселенің шешімі	
	Қорытынды	51
	Қолданылған әдебиет тізімі	52

## КІРІСПЕ

Бейсызықты жүктеме - бұл ток пен кернеудің арасында сызықтық байланысы жоқ, электрмен жабдықтау жүйесінде гармоникалық бұрмалануды тудыратын жүктеме түрі. Мұндай жүктемелер олардың кедергісі қолданылатын кернеуге байланысты өзгеретіндігімен сипатталады. Бейсызықты жүктемелердің мысалдарына компьютерлер, теледидарлар және дәнекерлеу машиналары сияқты электрондық құрылғылар жатады. Бұл құрылғыларда қуат көзінен алынған кернеудің пішіні мен амплитудасын өзгерте алатын қуатты электронды құрылғылар қолданылады. Бұл жүйедегі синусоидалы кернеу толқын пішінінің бұрмалануына әкелуі мүмкін. Бейсызықты жүктемелер сонымен қатар жүйеде қуаттың жоғалуына әкелуі мүмкін, бұл қуат коэффициентінің төмендеуіне және реактивті қуаттың жоғарылауына әкеледі. Бұл электр жүйесін шамадан тыс жүктеп, жабдықты зақымдауы мүмкін. Гармоникалық бұрмалану-бұл электр жүйесі арқылы электр энергиясын беру кезінде пайда болатын электр сигналының жағымсыз бұрмалануы. Бұл бұрмаланулар жүйеде түзеткіштер, электр электроникасы және бейсызықты жүктемелер сияқты бейсызықты элементтердің болуынан туындайды. Гармоникалық бұрмалану электр жүйесінде көптеген проблемаларды тудыруы мүмкін, соның ішінде жабдықтың қызып кетуі, өлшеу құралдарының дұрыс жұмыс істемеуі, энергияны тиімсіз пайдалану және энергия шығындарының артуы.

Біз қарастырып отырған жылу электр станциясында ДББП доғалы болат пеші орнатылған. Доғалы болат пеші-металлургия өнеркәсібінде кеңінен қолданылатын заманауи болат балқыту жабдығы. Доғалы болат пеші электр желісіндегі бейсызықты жүктемені тудырады, өйткені электр кедергісі балқытылған металдың температурасы мен қасиеттеріне байланысты өзгереді. Доғалы болат балқыту пешінің артықшылықтары мен кемшіліктері: доғалы болат балқыту пешінің негізгі артықшылықтарының қатарына жоғары өнімділік, әртүрлі материалдарды пайдалану мүмкіндігі және ұсақ металдарды балқыту мүмкіндігі жатады. Кемшіліктерге келетін болсақ, олар жұмысшыларға зиян тигізуі мүмкін көптеген шу мен діріл тудыруы мүмкін. Жұмыс кезінде доғалы пеш синусоидалы емес түрде қуатты тұтынады, бұл желідегі гармоникалық бұрмалануға әкеледі. Доғалы болат пеші әртүрлі металл материалдарын балқыту және қалыптау үшін қолданылады. Жұмыс кезінде ток пеште орналасқан металл материалдан өтіп, жоғары температура доғасын жасайды. Доғалы пеш электр желісіндегі энергияны көп қажет ететін құрылғылардың бірі болып табылады және оны пайдалану желінің тұрақсыздығына әкелуі мүмкін. Сондықтан доғалы болат балқыту пештерінің желісіне теріс әсерді азайту үшін сүзгілерді, компенсаторлық құрылғыларды және электр жүйесін басқарудың басқа әдістерін қолдану қажет.



## 1 Термиялық зауытты электрмен жабдықтау.

### 1.1 Дипломдық жұмысқа бастапқы берілгендері

Электр термиялық жабдықтар зауытының қорек көзі ретінде, энергия жүйесінің әрқайсысының қуаты 25 МВА және кернеуі 37/6.3 кВ болатын екі трансформатор орнатылған, қосалқы станция көмегімен жүзеге асырылады. Трансформаторлар жеке жұмыс атқарады, жүйенің қуаты 600 МВА, реактивті кедергісі 37 кВ, жүйенің қуатына байланысты 0.4-ке тең. Энергожүйенің қосалқы станциясынан зауытқа дейінгі қашықтық – 5.5 км. Термиялық жабдықтар зауыты 3 ауысыммен жұмыс жасайды.

Кесте 1.1 – Термиялық жабдықтар зауытындағы цехтар бойынша электрлік жүктемелер

Электр термиялық жабдықтар зауытындағы цехтардың аталуы	Электр қабылдағыштың саны, n	Тұрақты қуат, кВт	
		Бір ЭП, P <sub>н</sub>	ΣP <sub>н</sub>
Механикалық цех 1	170	3-70	3300
Жинақталған цех 1	55	1-90	1500
Түсті метал өңдеу цехі	38	5-220	650
Стандарт емес қондырғы цехі	77	3-25	900
Құйма цехі а) 0,4 кВ	80	3-55	3000
б) ДББП 12 т	2	5000	10000
Асхана	30	3-28	400
Компрессор а) СҚ 6 кВ	4	1000	4000
Инженерлік конструктор корпусы	28	3-35	550
Металмен қаптау цех	28	8-55	470
Механикалық цех 2	180	7-70	3000
Жинақталған цех 2	56	5-40	2000
Метал-графикалық зертхана	22	5-25	250
Насостар	4	200	800
Тәжірибелік цех СКБ	35	6-45	500
Кедергілер зертханасы	22	8-92	520
Көлік цехі	16	8-70	820
Вакуумды пеш зертханасы	23	25-70	1000
Доғалы пештер зертханасы	19	10-90	700



## 1.2 Цехтардың жарықтандыру жүктемелерін анықтау

Өндіріс алаңындағы цехтың жарық жүктемесінің шамамен мәні қазіргі уақытта жүктеме қуаты орташа жарық энергиясына тең екендігімен анықталады:

$$P_{рж} = K_{сж} \cdot P_{уж}, \quad (1.1)$$

мұндағы  $K_{сж}$  – қуаттың сұраныс коэффициенті;

$P_{уж}$  – белгілі аудан үшін, жарық көзінің қуаты, Вт;

Оны келесідей есептейміз:

$$P_{p0} = p_0 \cdot F, \quad (1.2)$$

мұндағы  $p_0$  – меншікті есептік қуат, Вт/м<sup>2</sup>;

$F$  – цех ауданы, м<sup>2</sup>.

Жарық жүктемесінің реактивті қуатын төмендегі формуламен анықтау қажет :

$$Q_{рж} = tg\varphi_0 \cdot P_{p0}, \quad (1.3)$$

мұндағы  $tg\varphi_0$  – реактивті қуат коэффициенті.

Кесте 1.2 – Жарықтандырудың жүктемесін есептеу

Цех атауы	Цех өлшемі	Цех ауданы м <sup>2</sup>	Меншікті жарық-у жүктемесі ро кВт/м <sup>2</sup>	Шам түрі	Сұраныс коэф. Кс	Жарықтанудың тұрақты қуаты Р <sub>уо</sub> кВт	Жарықтану жүктемесінің есептелуі		cosφ	tgφ
							Р <sub>рж</sub> ,кВт	Q <sub>рж</sub> , квар		
Механикалық цех 1	80x59	4665	0.01	ГЛ	0,95	54	48	24	0.9	0.5
Жинақталған цех 1	80x71	5598	0.013	ЛЛ	0,5	79	47	23	0.9	0.5
Түсті метал өңдеу цехі	47x31	1401	0.016	ГЛ	0,7	24	19	9	0.9	0.5
Стандарт емес қондырғы цехі	85x19	1557	0.012	ГЛ	0,8	21	19	9	0.9	0.5
Құйма цехі а) 0,4 кВ	83x73	5971	0.013	ГЛ	0,5	85	50	25	0.9	0.5
б) ДББП 12 т	47x33	1476	0.01	ЛЛ	0,7	29	23	11	0.9	0.5
Асхана	33x19	610	0.01	ГЛ	0,5	12	7	3	0.9	0.5
Компрессор а) СҚ 6 кВ	80x24	1865	0.012	ГЛ	0,9	26	24	12	0.9	0.5
Инженерлік конструктор корпусы	53x24	1243	0.016	ГЛ	0,5	21	12	6	0.9	0.5
Металмен қаптау цех	93x43	3886	0.014	ГЛ	0,95	40	36	18	0.9	0.5
Механикалық цех 2	93x53	4829	0.02	ЛЛ	0,7	51	41	20	0.9	0.5
Жинақталған цех 2	32x23	685	0.013	ЛЛ	0,7	10	8	4	0.9	0.5
Метал-графикалық зертхана	47x33	1476	0.016	ГЛ	0,5	26	15	7	0.9	0.5
Насостар	53x38	1954	0.015	ГЛ	0,9	33	31	15	0.9	0.5
Тәжірибелік цех СКБ	53x44	2310	0.01	ГЛ	0,7	27	22	11	0.9	0.5
Кедергілер зертханасы	73x27	1955	0.021	ГЛ	0,4	41,7	16,7	8,35	0.9	0.5
Көлік цехі	73x27	1955	0.011	ГЛ	0,7	22,2	15,6	7,8	0.9	0.5

$$m = P_{\text{н.макс}}/P_{\text{н.мин}}, \quad (1.4)$$

мұндағы  $P_{\text{н.макс}}$  – қондырғының максималды тұтынатын қуаты, кВт;  
 $P_{\text{н.мин}}$  – қондырғының минималды тұтынатын қуаты, кВт.

Қондырғыларның орташа белсенді қуаты, жұмыс уақытының ең көп жүктелген ауысымы кезіндегі қуаты:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}}, \quad (1.5)$$

мұндағы  $K_{\text{и}}$  – құрылғыларның пайдалану коэффициенті;  
 $P_{\text{н}}$  – электр қондырғыларының номиналды активті қуаты, кВт.

Орташа реактивті қуаты:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg} \varphi, \quad (1.6)$$

Электр қондырғысының тиімді санын тауып аламыз:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \sum P_{\text{н}}}{P_{\text{н.макс}}}, \quad (1.7)$$

Есептік реактив қуатты есептейміз:

а) Егер  $n_{\text{э}} > 10$  болса, келесідей есептеледі:

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{см}}, \quad (1.8)$$

ә) Егер  $n_{\text{э}} \leq 10$  болса, келесідей есептеледі:

$$Q_{\text{р}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}}. \quad (1.9)$$

Толық қуат төмендегі формуламен анықталады:

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2}. \quad (1.10)$$

Кесте 1.3 - Зауыт бойынша 0,4 кВ шинадағы жүктемені есептеу

№	Цехтардың атауы Және ЭПң тобы	ЭП саны n	Номиналды қуат			m	Ки	cosφ	tgφ	Орта жүктеме		nэ	Км	Есептік қуат		
			Pmin , кВт	Pmax, кВт	ΣPн, кВт					Pсм,кВт	Qс,квар pp			Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Механикалық цех №1															
	а) күштік	170	3	70	3300	>3	0,3	0,7	1	1138,5	990	94	1			
	б) жарықтық									48,7	24,35					
	Барлығы									1187,2	1014,35			1187,2	1014,35	1562
2	Жинақталған цех №1															
	а) күштік	55	1	90	1500	>3	0,4	0,8	0,75	702	450	33	1			
	б) жарықтық									47,8	23,9					
	Барлығы									749,8	473,9			749,8	473,9	887
3	Түсті металдарды өңдеу цехы															
	а) күштік	38	5	220	650	>3	0,3	0,7	1	351	214,5	6	1			
	б) жарықтық									19,94	9,97					
	Барлығы									270,94	224,47			270,94	224,47	434
4	Стандарт емес қондырғылар цехы															
	а) күштік	77	3	25	900	>3	0,3	0,7	1	310	270	72	1			
	б) жарықтық									19,2	9,6					
	Барлығы									329,7	279,6			329,7	279,6	432
5	Құйма цехі															
	а) күштік	80	3	55	3000	>3	0,3	0,7	1	1017	900	80	1			
	б) жарықтық									51	25,5					
	Барлығы									1068	925,5			1068	925,5	1413

Кесте 1.3 - жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	Асхана															
	а) күштік	30	3	28	400	>3	0,4	0,9	0,5	190,4	80	29	1			
	б) жарықтық									23,94	11,97					
	Барлығы									214,34	91,97			214,34	91,97	233
7	Компрессорлық															
	Барлығы	4	1000		4000	>3	0,65	0,7	1					7,5	3,75	
8	Инженерлік конструкторлық корпус															
	а) күштік	28	3	35	550	>3	0,5	0,7	1	316,25	275	28	1			
	б) жарықтық									24,8	12,4					
	Барлығы									341,05	287,4			341,05	287,4	446
9	Металмен қапталған цех															
	а) күштік	28	8	55	470	>3	0,4	0,8	0,75	242,5	141	17	1			
	б) жарықтық									13	6,5					
	Барлығы									255,5	147,5			255,5	147,5	295
10	Механикалық цех №2															
	а) күштік	180	7	70	3000	>3	0,25	0,8	0,75	855	562,5	86	1			
	б) жарықтық									38,86	18,43					
	Барлығы									891,86	580,93			891,86	580,93	1064
11	Жинақталған цех №2															
	а) күштік	56	5	40	2000	>3	0,4	0,8	0,75	896	600	56	1			
	б) жарықтық									41,2	20,6					
	Барлығы									937,2	620,6			937,2	620,6	1124

Кесте 1.3 - соңы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12	Мет-граф зертхана															
	а) күштік	22	5	25	250	>3	0,5	0,7	1	150	125	20	1			
	б) жарықтық									8,2	4,1					
	Барлығы									158,2	129,1			158,2	129,1	204
13	Насостық															
	а) күштік	4	200		800	>3	0,3	0,8	0,75	480	198	4	1			
	б) жарықтық									15,96	7,98					
14	Барлығы									495,96	205,98			495,96	205,98	537
	Тәжірибелі цех СКБ															
	а) күштік	35	6	45	500	>3	0,35	0,7	1	245	175	22	1			
	б) жарықтық									31,54	15,77					
15	Кедергілер зертханасы															
	а) күштік	22	8	92	520	>3	0,3	0,7	1	249,6	156	11	1			
	б) жарықтық									22,16	11,08					
	Барлығы									271,76	167,08			271,76	167,08	319
16	Көлік цехі															
	а) күштік	16	8	70	820	>3	0,65	0,8	0,75	612,95	400	16	1			
	б) жарықтық									17,6	8,35					
	Барлығы									629,65	408,35			629,65	408,35	751
17	Вакуумдық пештер зертханасы															
	а) күштік	23	25	70	1000	>3	0,6	0,65	1,17	672	702	23	1			
	б) жарықтық									15,6	7,8					
	Барлығы									687,6	709,8			687,6	709,8	988

## 1.4 Электр жүктемелерінің картограммасын есептеу

Электр жүктемелер картограммасын есептеу – термиялық зауыт территориясының құрылымы және таралуына байланысты нақты түсінік береді. Жүктемелердің шартты орталары келесі параметрлер бойынша құрастырылады:

а) Шеңбердің радиусы:

$$R = \sqrt{\frac{S_{p.i.}}{\pi \cdot m}}, \quad (1.11)$$

ә) Шеңбердің жарықтық жүктеменің бөлігі:

$$\alpha = \frac{S_{p.o.i.}}{S_{p.i.}} \cdot 360^\circ, \quad (1.12)$$

мұндағы  $S_{p.i.}$  – цехтің есептелген толық қуаты, кВА;  
 $m$  – масштабы ( $m=0,5$  м/мм).

Кесте 1.4 – Картограммалық параметрлер

Цехтардың аталуы	$I_p, A$	$R, мм$	$\varrho$
Механикалық цех 1	2372	3,2	15,3
Жинақталған цех 1	1347	2,5	24,4
Түсті метал өңдеу цехі	658	1,7	20,4
Стандарт емес қондырғы цехі	656	1,7	22,2
Құйма цехі а) 0,4 кВ	2146	3	18,1
б) ДБП 12 т	354	1,3	45,4
Асхана			
Компрессор а) СК 6 кВ	677	1,7	28,1
Инженерлік конструктор корпусы	448	1,51	19,4
Металмен қаптау цех	1617	2,85	15,4
Механикалық цех 2	1707	3,1	16,4
Жинақталған цех 2	310	1,1	19,6
Метал-графикалық зертхана	815	2,1	12,1
Насостар	510	1,6	46,2
Тәжірибелік цех СКБ	484	1,53	32,1
Кедергі зертханасы	1140	2,41	9,7
Көлік цехі	1501	2,52	8,3
Вакуумды пештер зертханасы	1085	2,1	11,5



### 1.5 0.4 кВ кернеудегі реактивті қуатын қарымталау

Цех трансформаторлары санын және қуатын анықтау мақсаты бойынша, техника-экономикалық есептеудегі тұтынушылардың электрмен жабдықтау сенімділік санатын айқындау, кернеуі 1 кВ-қа дейінгі реактивті жүктемелерді қарымталау, бірқалыпты және апаттық режим үшін трансформатордың қайта тиеу қабілетін ескеруіміз керек.

Ең алдымен трансформатор типін таңдамай тұрып жүктеме  $S_{уд}$  меншікті қуат тығыздығын есептеп алу қажет:

$$S_{уд} = \frac{S_{p0.4}}{F_{цех}}, \quad (1.13)$$

мұндағы  $S_{p0.4}$  – цехтың суммарлық қуаты;

$F_{цех}$  – кәсіпорын ішіндегі цехтың толық ауданы, м<sup>2</sup>.

$$S_{уд} = \frac{9598,32}{107104,8} = 0,09$$

Басжоспар ерекшелігіне және трансформаторлардың орналасуына байланысты, мен 1600 кВА қуаттағы трансформаторларды таңдадым.

$$S_{н.тр} = 1600 \text{ кВА.}$$

мұндағы  $S_{н.тр}$  – цех трансформаторының номиналды толық қуаты.

Қуаты бірдей және термиялық зауыттың максималды активті қуатты пайдалану кезінде энергиямен қамтамасыз ету үшін трансформатордың ең аз санын анықтаймыз:

$$N_{Т.мин} = \frac{P_{0,4}}{K_3 \cdot S_{н.тр}} + \Delta N, \quad (1.14)$$

мұндағы  $P_{0,4}$  – есептік белсенді қуаттың қосындысы, кВт;

$K_3$  – трансформатордың жүктелу коэффициенті;

$\Delta N$  – трансформатор санының бүтін санға дейін толтыруы;

$$N_{Т.мин} = \frac{9598,32}{0,8 \cdot 1600} + 0,51 = 8.$$

Кәсіпорын аумағындағы цехтар орналасуына байланысты 1600 кВА қуатты трансформатор таңдадым.

$$N_{Т.э} = N_{Т.мин} + m, \quad (1.15)$$

мұндағы  $m$  – трансформатордың қосымша саны,  $m=0$ .

$$N_{т.э} = 8 + 0.$$

Ең жоғарғы реактивті қуатты анықтау:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{т.э} \cdot S_{н.тр} \cdot K_3)^2 - P_{р0,4}^2}, \quad (1.16)$$

$$Q_1 = \sqrt{(8 \times 1600 \times 0.8)^2 - 9598,32^2} = 3567.9 \text{ квар.}$$

Кернеуі 0,4 кВ шинасындағы реактивті қуатты теңдестіру шартынан  $Q_{нбк}$  шамасы анықталды:

$$Q_{нбк} = Q_{нбк1} + Q_{нбк2}, \quad (1.17)$$

мұндағы  $Q_{нбк1}$  трансформаторларының төменгі кернеудегі конденсатор батареясының реактивті қуаты анықталды:

$$Q_{нбк1} = Q_{р0,4} - Q_1, \quad (1.18)$$

$Q_{р0,4}$  – зауыттағы цехтардың суммалық реактивті қуаты:

$$Q_{нбк1} = 7067 - 3568 = 3499 \text{ квар}$$

$$Q_{нбк2} = Q_{р0,4} - Q_{нбк1} - \gamma \cdot N_{т.э} \cdot S_{н.тр}, \quad (1.19)$$

$$Q_{нбк2} = 7067 - 3568 - 0.6 \cdot 8 \cdot 1600 = 0 \text{ кВАр.}$$

Нәтижесінде  $Q_{нбк2}$  0-ге тең, сондықтан қосымша реактивті қуат керек емес.

$$Q_{нбк} = 3499.11 + 0 = 3499.11 \text{ квар.}$$

Трансформаторлар үшін НБК қуатын анықтау қажет:

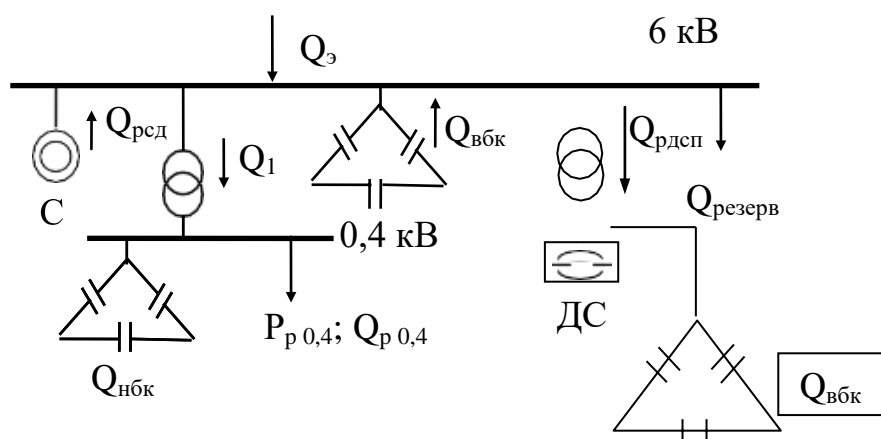
$$Q_{нбк.тп} = \frac{Q_{нбк}}{N_{т.э}} = \frac{3499}{8} = 437 \text{ квар} \quad (1.20)$$

Таңдалған НБК түрі: *УКНТ-0,4-450-У3*.

Кесте 1.5 – Төменгі қосалқы станция бойынша цех жүктемелерін тарату

Цех	ЭП №	$P_{p0,4}$ кВт	$Q_{p0,4}$ кВар	$S_{p0,4}$ кВА	К' з
ТҚС1 – ТҚС2 (4x1600) $\Sigma S_{нтр} = 6400$ кВА $Q_{нбк} = 450*4=1800$ кВар	1	1187	1014		
	2	749	437		
	3	370	224		
	4	329	279		
	5	1067	925		
	6	214	92		
	7	7	4		
	8	341	287		
	14	276	190		
	15	271	168		
	- $Q_{нбк}$		-1800		
	Барлығы		4816	1858	5163
ТҚС3 – ТҚС4 (4x1600) $\Sigma S_{нтр} = 6400$ кВА $Q_{нбк} = 450*4=1800$ кВар	9	255	147		
	10	891	580		
	11	937	620		
	12	158	129		
	13	496	205		
	16	629	408		
	17	687	709		
	18	511	498		
	Жарықтану терр.	214	107		
	- $Q_{нбк}$		-1800		
Барлығы		4781	1608	5044	0,79

### 1.6.1 ДБП 12т пешінің есептік қуатын анықтау



1.6.1 – сурет -ДББП пеші

№-5 цех 12 тонналық ДББП-12 ЭТЦПК-7500/6-У3,;  
 $S_{н\ ДБП}=5000$  кВА;  $\cos\varphi=0,82$ ;  $N_{ДББП} =2$ ;  $k_3 = 0,6$ ;  $\text{tg } \varphi =0,67$

ДББП-12 есептік қуатын анықтаймыз:

$$P_{р.\delta\delta n} = P_{н.\delta\delta n} \cdot N_{\delta\delta n} \cdot \cos\varphi \cdot K_3 \quad (1.22)$$

$$P_{р.\delta\delta n} = 5000 \cdot 2 \cdot 0,82 \cdot 0,6 = 4920 \text{ кВт};$$

$$Q_{р.\delta\delta n} = P_{р.\delta\delta n} \cdot \text{tg}\varphi \quad (1.23)$$

$$Q_{р.\delta\delta n} = 4920 \cdot 0,67 = 3296 \text{ кВАр}.$$

Трансформатордағы шығындар:

$$\Delta P_{ТРДСП} = 0,02 \cdot 5000 \cdot 2 = 200 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{ТРДСП} = 0,1 \cdot 5000 \cdot 2 = 1000 \text{ кВАр};$$

#### 2.5.2 Өтемелі реактивті қуатын анықтау

Берілгендері:  $Q_{р0,4} = 7067$  квар;  $Q_{нбк1} = 3449$  квар.

ЦТҚС1,2 үшін:  $Q_{р.ТҚС1,2} = 3659$  квар.

Қарымталауға дейінгі реактивті қуаттың мәні:

$$Q_{p \text{ нбк}1,4} = \frac{Q_{\text{нбк}1} * Q_{p \text{ ТҚС}1,2}}{Q_{p 0,4}}, \quad (1.24)$$

$$Q_{p \text{ нбк}1,4} = \frac{3499 * 3659}{7067} = 1812 \text{ квар}$$

Нақтыланған реактивті қуат:

$$Q_{\phi. \text{ТҚС}1,4} = 4 \times 450 = 1800 \text{ кВАр.}$$

Өтемақыға түспеген қуат:

$$Q_{\text{неск}} = Q_{p \text{ ТҚС}1,4} - Q_{\phi. \text{ТҚС}1,4} = 3596 - 1800 = 1859 \text{ кВАр.} \quad (1.25)$$

$$Q_{p \text{ ТҚС } 3-4} = 2739 \text{ квар}$$

$$Q_{p \text{ нбк}} = \frac{Q_{\text{нбк}} * Q_{p \text{ ТҚС}5-6}}{Q_{p 0,4}} = \frac{3499 * 3408}{7067} = 1688 \text{ квар.} \quad (1.26)$$

нақты реактивті қуаты:  $Q_{\phi \text{ ТҚС}3-4} = 4 \cdot 450 = 1800$  квар, ал  
компенсацияланбаған қуаты келесіге тең:

$$Q_{\text{неск}} = Q_{p \text{ ТҚС}3-4} - Q_{\phi \text{ ТҚС}3-4};$$

$$Q_{\text{неск}} = 3408 - 1800 = 1608 \text{ квар.}$$

$Q_{\text{нбк}}$  – ТҚС бойынша нақтыланған таралуын 1.6 кестіге енгіземіз.

Кесте 1.6 – Реактивті қуаттың таратылуы

ЦТҚС	$Q_{p \text{ ТҚС}}$ , квар	$Q_{p \text{ ТБК}}$ , квар	$Q_{\phi \text{ ТҚС}}$ , квар	$Q_{\text{неск}}$ , квар
ТҚС1-2	3559	1812	1800	1859
ТҚС3-4	3408	1688	1800	1608

### 1.7 Зауыттағы жоғары кернеудегі есептік жүктемені есептеу

Қозғалтқыш қуаты бойынша қосымшадан синхронды қозғалтқыш түрін және техникалық деректрін аламыз.

$K_{\text{ж}}$  – жүктелу коэффициенті

Кесте 1.6 – Синхронды қозғалтқыштың паспорттық деректері

Түрі	Ном. қуаты, кВт	Қорек кернеуі, В	Айн. жиілігі, айн/мин	cosφ	К <sub>з</sub>	Пәк
СДН-1000-18-24-36	1000	6	3000	0,9	0,8	0,94

$P_{рсқ1}, Q_{рсқ1}$  – синхронды қозғалтқыш есептік активті және реактивті қуатын келесідей анықтаймын. 8-цехтағы синхронды қозғалтқыш үшін:

$$P_{рсқ} = P_{нсқ} \cdot N_{сқ} \cdot K_3; \quad (1.27)$$

$$P_{рсқ} = 1000 \cdot 4 \cdot 0,8 = 3200 \text{ кВт};$$

мұндағы  $P_{нсқ1}$  – СҚ-ның номинал қуаты;  
 $N$  – СҚ-ның саны.

$$Q_{рсқ1} = P_{рсқ} * tgφ = 3200 \cdot 0,5 = 1600 \text{ квар.}, \quad (1.28)$$

мұндағы  $tgφ$  – реактивті және активті қуат мөндері арасындағы байланыс коэффициенті

## 1.8 Есептік белсенді және реактивті қуат шағынын есептеу

$\Delta P_{\text{тр}}$  – есептік активті қуатты келесі формуламен анықтаймыз:

$$\sum \Delta P_{\text{тр}} = N \times (\Delta P_{xx} + \Delta P_{K3} \times K_3^2), \quad (1.29)$$

мұндағы  $N$  – трансформаторлар саны;

$\Delta P_{xx}$  – бос жүрістің шығыны;

$P_{K3}$  – ҚТ шығын;

$K_3$  – жүктемелік коэффициент.

$\Delta Q_{\text{тр}}$  – реактив қуат шамасын анықтау үшін:

$$\sum \Delta Q_{\text{тр}} = N \times \left( \frac{I_{xx} \times S_{\text{н.тр}}}{100} + \frac{U_{K3} \times S_{\text{н.тр}} \times K_3^2}{100} \right), \quad (1.30)$$

мұндағы  $I_{xx}$  – БЖ ток;

$U_{K3}$  – ҚТ кернеу мәні.

ЦТҚС 1- үшін:  $K_3 = 0,8$ .

$$\Delta P_{\text{тр} 1-2} = (3400 + 1600 \times 0,8^2) \times 4 = 55 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{\text{тр} 1-2} = 0,01 \times (0,7 \times +5,5 \times 0,8^2) \times 4 \times 1600 = 270 \text{ кВар.}$$

ТҚС 3-4 үшін:  $K_3 = 0,79$ .

$$\Delta P_{\text{тр} 3-4} = (3400 + 1600 \times 0,79^2) \times 4 = 54 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{\text{тр} 3-4} = 4 \times (0,7 + 5,5 \times 0,79^2) \times 1600 = 265 \text{ кВар.}$$

Трансформатордың жинақты шығындары:

$$\Sigma P = 55 + 54 = 109 \text{ кВт;}$$

$$\Sigma Q = 270 + 265 = 535 \text{ кВар.}$$

$\Sigma Q_{\text{ген}}$  мен  $\Sigma Q_{\text{потр}}$  – реактив қуатты түрлендіру қуаттары мен реактивтілік қуаттарын теңестіруіміз керек:

$$\sum Q_{\text{ген}} = \sum Q_{\text{потр}}, \quad (1.31)$$



$$Q_{\text{э}} + Q_{\text{р.СК2}} + Q_{\text{ВБК}} = Q_{\text{р0.4}} + \sum \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} + Q_{\text{р.СК1}} + Q_{\text{р.СК3}}, \quad (1.32)$$

$Q_{\text{э}}$  – кірісінде реактивті қуат энергетикалық қоректендіру орталығынан эко-лық жағынан тиімді реак қуат ретінде беріледі. Термиялық зауытқа ол ЭЖ макс жүктеме уақыты кезінде беріледі. Оны келесі өрнекпен табуға болады:

$$Q_{\text{э}} = (0,23 \div 0,25) * (P_{\text{р0.4}} + \Delta P_{\text{тр}} + P_{\text{р.СК}}), \quad (1.33)$$

$$Q_{\text{э}} = 0,23 \cdot (9598,32 + 108,1 + 3200 + 11475 + 112) = 4147 \text{ квар.}$$

Өндіріс орнындағы реактив қуаттың қосымша шамасы бұл  $Q_{\text{резерв}}$ . Төмендегі өрнекпен айқындаймыз:

$$Q_{\text{рез}} = (0.1 \div 0.15)(Q_{\text{р0.4}} + \sum \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{р.СД1}} + Q_{\text{р.дсп}}), \quad (1.34)$$

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \cdot (7067 + 534,58 + 2213,4 + 1000) = 1071 \text{ квар.}$$

$Q_{\text{ВБК}}$  қатысты реактив қуаттар шамасын теңестіреміз:

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_{\text{р0.4}} + \sum \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{р.СК1}} + Q_{\text{р.дсп}} + Q_{\text{рез}} - Q_{\text{э}}, \quad (1.35)$$

$$Q_{\text{ВБК}} = 7067 + 534,58 + 2213,4 + 1000 + 1038 - 1600 - 3600 - 4147 = 2066 \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{ВБК}} = \frac{Q_{\text{ВБК}}}{2} = \frac{1800}{2} = 900 \text{ квар.} \quad (1.36)$$

Шығарған нәтиже бойынша 2хУКЛ-6-900 конденсаторларды тандаймыз. Компенсацияға түспегені 266 кВАр.

Кесте 1.7 – Термиялық зауыт бойынша жоғары және төмен вольтті жүктемелерді толық тарату

№ТҚС	ЭП №	n	P <sub>н.min</sub> , кВт	P <sub>н.max</sub> , кВт	∑P <sub>н</sub> , кВт	K <sub>и</sub>	P <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , квар	n <sub>э</sub>	K <sub>м</sub>	P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА	K <sub>з</sub>
ТҚС1,ТҚС2; (4X1600) кВА ∑S <sub>нтр</sub> = 6400	1	170	3	70	3300	0,3	990	990	103	1,1				
	2	55	1	90	1500		600	450						
	3	38	5	220	650		195	195						
	4	77	3	25	900		270	270						
Күштік жеті цех Жарықтық ҚНБК Барлығы	5	80	3	55	3000		900	900						
	6	30	3	28	400		160	80						
	7													
	8	28	3	35	550		275	275						
	14	35	6	45	500		175	175						
	15	22	8	92	520		156	156						
		535	1	220	11320		3721	3491			4093	3490		
											7	4		
											289	144		
											-1800			
								4389,7	1839,3	4759,4	0,7			
ТҚС3,ТҚС4; (4x1600) кВА ∑S <sub>нтр</sub> = 6400	9	28	8	55	470	0,4	188	141	90	1,1				
	10	180	7	70	3000		750	562,5						
	11	56	5	40	2000		800	600						
	12	22	5	25	250		125	125						
Күштік Жар. тер.	13	4		200	800		240	180						
	16	16	8	70	820		533	400						
	17	23	25	70	1000		600	702						
	18	19	10	90	700		420	491			214	107		
		348	5	200	9040		3656	3201,5			3985	3201	5111,8	0,8

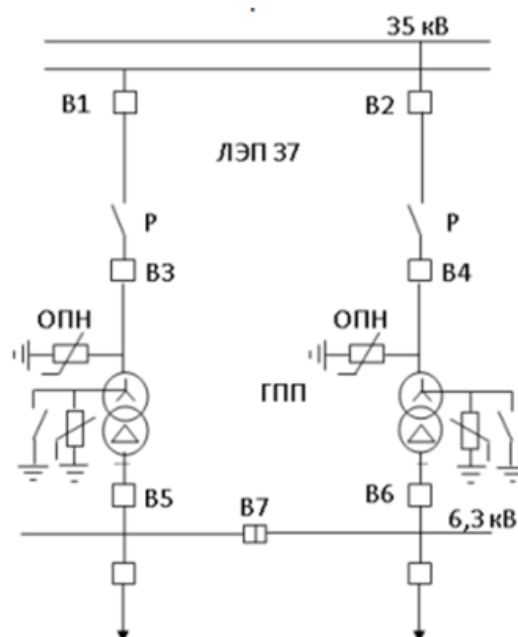
## 2 Зауыттың сыртқы электрмен жабдықтау схемаларын салыстыру

Кәсіпорындарды ыңғайлы және қолайлы электрмен жабдықтау үшін шешу бойынша бірнеше нұсқаны қарастырамыз. Ол техникалық-экономикалық негіздемелерді қажет етеді. Есептеудің негізгі міндеті-тізбектің қолайлы деформациясын анықтау, электр жүйе және оның элементтерінің параметрлерін анықтау.

Электротермиялық құрылғы қондырғысын электрмен жабдықтау қуаты 25 МВА қосалқы станция және әрқайсысының кернеуі 6,3 / 37 кВ болатын 4 трансформатор арқылы жүзеге асырылады. Трансформатор бөлек жұмыс істейді, жүйе қуаты 600.05 МВА, реактивтілігі жүйенің 0,4 қуатына байланысты 37 кВ құрайды. Электр станциясының қосалқы станциясынан кәсіпорынға дейінгі арақашықтық 5.5км құрайды. Зауыт 3 ауысымда жұмыс жасайды. ТЭ салыстыру үшін ЭЖ-дың 2-нұсқада қарастырыңыз:

- 1) Бірінші нұсқа – 35 кВ ;
- 2) Екінші нұсқа – 6 кВ.

*Бірінші – нұсқа*



2.1 – сурет – Сыртқы электрмен жабдықтаудың сұлбасы – 35 кВ

Сымдарды 37 кВ кернеуге арналған өндіріс орнына таңдау алдын, олардың тогы мен көлденең қимасын анықтаймыз.

Бас төмендеткіш қосалқы станция трансформаторының толық қуаты:

$$S_{\text{тр.БТҚС}} = \sqrt{P_{\text{р.зав}}^2 + Q_{\text{Э}}^2}, \quad (2.1)$$

мұндағы  $K_0$  – 1 мезгілдік коэффициенті;  
 $Q_э$  – энергожүйедегі реактивті қуат, квар.

$$S_{\text{тр.БТҚС}} = \sqrt{15742^2 + 4147^2} = 16279 \text{ кВА.}$$

$K_3$  БТҚС трансформаторын таңдап аламыз:

$$K_3 = \frac{S_{\text{тр.БТҚС}}}{2 \times S_{\text{НОМ.ТР}}} = \frac{16279}{2 \cdot 10000} = 0,8 \quad (2.2)$$

мұндағы  $S_{\text{НОМ.ТР}}$  – трансформатордың ном. қуаты, кВА.

Кесте 2.1 – Таңдалған трансформатордың паспорттық деректері

Түрі	$S_{\text{НОМ}}$ , МВА	Реттеу шегі	Қосымша деректер					
			$U_{\text{НОМ}}$ орама		$U_{\text{КТ}}$ , %	$\Delta P_{\text{КТ}}$ , кВт	$P_{\text{ХХ}}$ , кВт	$I_{\text{ХХ}}$ , %
			ЖК	ТК				
ТДНС- 10000/35	10	$\pm 8 * 1,5\%$	37	6,3	8	81	12	0,65

Бас төмендеткіш қосалқы станция трансформаторының трансформаторларындағы активті қуат шығыны:

$$\Delta P_{\text{тр.БТҚС}} = 2 \times (\Delta P_{\text{ХХ}} + \Delta P_{\text{КЗ}} \times K_3^2), \quad (2.3)$$

$$\Delta P_{\text{тр.БТҚС}} = 2 \cdot (12 + 81 \cdot 0,81^2) = 130 \text{ кВт.}$$

Бас төмендеткіш қосалқы станция трансформаторларындағы реактив қуат шығынын табамыз:

$$\Delta Q_{\text{тр.БТҚС}} = N \times \left( \frac{I_{\text{ХХ}} \times S_{\text{Н}}}{100} + \frac{U_{\text{К}} \times S_{\text{Н}} \times K_3^2}{100} \right), \quad (2.4)$$

$$\Delta Q_{\text{тр.БТҚС}} = 0,02(0,75 + 14 \cdot 0,81^2)10000 = 994 \text{ квар}$$

БТҚС трансформаторларындағы электр энергиясының шығындарын анықтаймыз:

$$\Delta W_{\text{тр.БТҚС}} = 2 \times (\Delta P_{\text{ХХ}} \times T_{\text{вкл}} + \tau \times \Delta P_{\text{КЗ}} \times K_3^2), \quad (2.5)$$

мұндағы  $\tau_{\text{М}}$  – максимал шығындарды пайдалану сағаттар саны (сағ/жыл);  
 $T_{\text{қосылу}} = 6000$  сағат – жүк. кезіндегі қосу сағаттар мәні

$T_M = 5000$  сағат – кәсіпорындағы актив жүктеме максимум пайдаланылған сағат мәні

$$\tau_M = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000}\right)^2 \times 8760, \quad (2.6)$$

$$\tau_M = \left(0,124 + \frac{5000}{10000}\right)^2 \times 8760 = 3411 \text{ сағ.}$$

мұндағы  $T_{\text{қосылу}}$  – жүктемеге қосылған сағаттар саны.

$$T_{\text{қосылу}} = 6000 \text{ сағат [5],}$$

$$\Delta W_{\text{тр.БТҚС}} = 2 \times (12 \times 1600 + 81 \times 3411 \times 0,81^2) = 50654 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

Кернеу шамасы 35-кВ электр беріліс желісі сымдардың қимасының есептелуі.  $S_{\text{р.ЭБЖ}}$  – ЭБЖ толық қуатын анықтап аламыз:

$$S_{\text{р.ЭБЖ}} = \sqrt{(K_0 \times P_{\text{р.зав}} + \Delta P_{\text{тр.БТҚС}})^2 + Q_{\text{Э}}^2}, \quad (2.7)$$

мұндағы  $\Delta P_{\text{р.БТҚС}}$  – қосалқы станция трансформаторының актив шығыны, кВт.

$$S_{\text{р.ЭБЖ}} = \sqrt{(15742 + 130)^2 + 4147^2} = 16405 \text{ кВА.}$$

Электр беріліс желісі үшін есептік ток:

$$I_{\text{р.ЭБЖ}} = \frac{S_{\text{р.ЭБЖ}}}{2 \times \sqrt{3} \times U_{\text{Н}}} = \frac{16405}{2 \times \sqrt{3} \times 35} = 135 \text{ А.} \quad (2.8)$$

Желінің апаттық тогы:

$$I_{\text{ав}} = 2 \times I_{\text{р}} = 2 \times 135 = 270 \text{ А.} \quad (2.9)$$

$$j_{\text{Эк}} = 1 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}, T_M = 5000 \text{ сағ,}$$

$$F_{\text{Э}} = \frac{I_{\text{р.ЭБЖ}}}{j_{\text{Эк}}} = \frac{135}{1,1} = 123 \text{ мм}^2. \quad (2.10)$$

АС 120/11 сымы таңдалынды. Таңдалған сым қимасына байланысты активті, индуктивті кедергілер арқылы рұқсат етілген токты тауып аламыз:

$$X_0 = 0.414 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}; r_0 = 0.249 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}; I_{\text{доп}} = 390 \text{ А}$$

мұндағы:  $x_0$  – индуктивті белсенді кедергісі;  
 $r_0$  – активті белсенді кедергісі.

Сымдарды таңдаймыз және тексереміз:

$$\begin{aligned} I_{\text{шек}} &> I_p, \\ 390 \text{ А} &> 135 \text{ А}. \end{aligned} \quad (2.11)$$

Апаттық режимде жылытуды анықтаймыз (30% артық жүктеме):

$$1,3 \times I_d > I_{\text{ав}},$$

$$507 \text{ А} > 270 \text{ А}$$

Электр берудің ӘӘБЖ шығыны (ВЛЭП)-35 кВ:

$$\Delta W_{\text{ӘБЖ35}} = N \times 3 \times I_{p.\text{ӘБЖ}}^2 \times R \times 10^{-3} \times \tau, \quad (2.13)$$

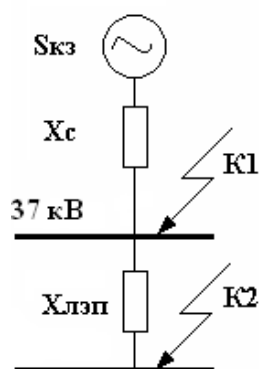
мұндағы  $R$  – толық кедергі;  
 $I_p$  – желі арқылы өтетін есептік ток.

ӘӘБЖ-нің толық кедергісі:

$$R = r_0 \times L = 0,249 \times 5,5 = 1,37 \text{ Ом} \quad (2.12)$$

$$\Delta W_{\text{ӘБЖ35}} = 2 \times 3 \times 135^2 \times 1,37 \times 10^{-3} \times 3411 = 511000 \text{ кВт} \times \text{ч.}$$

### 2.1.1 Қысқа тұйықталу тогын есептеу



2.2 – сурет – Электрлік орын басу схемасы

Бірінші кезекте базисті токты табамыз. Ол үшін мына мәндерді аламыз:  $S_б=1000$  МВА,  $U_б = U_{ср} = 37$  кВ:

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \times U_б} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 37} = 15.6 \text{ кА}, \quad (2.13)$$

мұндағы  $S_б$  – толық базисті қуат;  
 $U_б$  – базисті кернеу.

$X_{ЭБЖ}$  – Электр беру желілерінің (ЭБЖ) толық кедергісі:

$$X_{ЭБЖ} = X_0 \times L \times \frac{S_б}{U_{ср}^2}, \quad (2.14)$$

$$X_{ЭБЖ} = 0.444 \times 5.5 \times \frac{1000}{37^2} = 1.8 \text{ о. е.}$$

$K1$  нүктесіндегі ҚТ тогы мәні:

$$I_{к1} = \frac{I_б}{X_{тр.сист}}, \quad (2.15)$$

$$I_{к1} = \frac{15.6}{0.6} = 26 \text{ кА.}$$

$K1$  нүктедегі соққылық тогы:

$$I_{удк1} = \sqrt{2} \times K_{уд} \times I_{к1},$$

мұндағы  $K_{удар}$  – арнайы коэффициент.



$$I_{удк1} = \sqrt{2} \times 1.72 \times 26 = 61.2 \text{ кА.} \quad (2.16)$$

К2 нүктедегі ҚТ тогы:

$$I_{К2} = \frac{I_6}{X_{тр.сист} + X_{ЛЭП}}, \quad (2.17)$$

$$I_{К2} = \frac{15.6}{0,6 + 1.8} = 6.5 \text{ кА.}$$

К2 нүктесіндегі соққы тогын аны:

$$I_{удк2} = \sqrt{2} \times K_{уд} \times I_{К2}, \quad (2.18)$$

$$I_{удк2} = \sqrt{2} \times 1,8 \times 6.5 = 16.5 \text{ кА.}$$

Кесте 2.2 – В1 мен В2 үшін ажыратқыш таңдаймыз ВГБ-35-1000

Таңдау шарттары	Тексеру
$U_{НВ} \geq U_{нс}$	35 кВ $\geq$ 35 кВ
$I_{Н} \geq 2I_{н.тр.сис}$	1000 А $\geq$ 270 А
$I_{откл} \geq I_{К1}$	50 кА $\geq$ 26 кА
$I_{дин} \geq i_{удк1}$	102 кА $\geq$ 61.2 кА
Бағасы, млн.тенге	0,75

Кесте 2.3 – В3-В4 секциялық ажыратқышты таңдаймын ВГБ-35-1000-50У1

Таңдау шарты	Тексеруі
$U_{Ном} \geq U_{нс}$	35 кВ $\geq$ 35 кВ
$I_{Н} \geq I_{н.тр.сис}$	1000А $\geq$ 270 А
$I_{откл} \geq I_{К2}$	50 кА $\geq$ 6.5 кА
$I_{дин} \geq i_{удк2}$	102 кА $\geq$ 16.5 кА

Кесте 2.4 – Р1-Р4 айырғыштарды таңдау РДЗ-35/1000

Таңдау шарты	Р5,Р6 үшін тексеруі
$U_{НОМ} \geq U_{нс}$	35 кВ $\geq$ 35 кВ
$I_{Н} \geq I_{ав.эбж}$	1000А $\geq$ 270 А
$I_{ТЕРМ} \geq I_{К1}, I_{К2}$	31.5 кА $\geq$ 26 кА
$I_{дин} \geq i_{удк1}, i_{удк2}$	63 кА $\geq$ 61.2 кА

35 кВ кернеуіне ОПН 35-У1 типті кернеу шектегішін таңдаймыз

### 2.1.3 Капитал шығындарды есептеу

$$K_{B1-B2} = N \times K_{\text{ВЫК}}, \quad (2.19)$$

$$K_{B1-B2} = 2 \times 0.75 = 1,5 \text{ млн. тг.}$$

В3-В4 ажыратқышының үлестік қатысуы:

$$K_{B3-B4} = N \times K_{\text{ВЫК}}, \quad (2.20)$$

$$K_{B3-B4} = 2 \times 0,75 = 1,5 \text{ млн. тг.}$$

Р1 – Р4 айырғышының үлестік қатысуы:

$$K_{P1-4} = N \times K_{\text{разьезд}}, \quad (2.21)$$

$$K_{P1-4} = 4 \times 0,685 = 2,7 \text{ млн. тг.}$$

ЭБЖ кернеуі-35 кВ 1 км үшін болатты және темірбетонды тірегіндегі айнымалы токтың 35 кВ ЭЖ құнының базистік көрсеткіштері көрсетілген:

$$K_{\text{ЭБЖ}} = L \times K_{\text{уд}} \cdot 2 \quad (2.22)$$

Бағасы: 1 км - 9 064 489 теңге .

$$K_{\text{ЭБЖ}} = 5.5 \times 9\,064\,489 \times 2 = 99,7 \text{ млн. тг.}$$

ОПН<sub>1-2</sub> – үлестік қатысуын анықтау:

$$K_{\text{ОПН1-2}} = N \times K_{\text{ОПН}}, \quad (2.23)$$

мұндағы  $K_{\text{ОПН}}$  – ОПН құны, 0,179 млн тенге.

$$K_{\text{ОПН1-2}} = 6 \times 0,179 = 1,074 \text{ млн. тг.,}$$

БТҚС трансформаторы:

$$K_{\text{тр.БТҚС}} = N \times K_{\text{ТР}}, \quad (2.26)$$

мұндағы  $K_{\text{ТР}}$  – трансформатор бағасы, 62 500 000 тенге.

$$K_{\text{тр.БТҚС}} = 2 \times 62,5 \text{ млн} = 125 \text{ млн тг.}$$

#### 2.1.4 Кернеу көзі 35-кВ бойынша есептелетін шығындар

1 жылға келтірілген шығындар келесі формуламен анықтап аламыз:

$$З = E_n \times \Sigma K + \Sigma И, \quad (2.27)$$

мұндағы  $E$  – капиталдық салымдардың тиімді коэффициенті;  
 $\Sigma K$  – есептік капиталдық шығындар;  
 $\Sigma И$  – кәсіпорынның жылдық есептік шығындары.

Алдымен осы мәндерді есепке алайық:

$E_n = 0,12$  – кәсіпорындағы күрделі салымдардың өзін-өзі ақтау тиімділігінің нормативті коэффициенті;

Жиынтық күрделі салымдарды есептейміз:

$$\Sigma K = K_{\text{БТҚС}} + K_{\text{выкл1-2}} + K_{\text{выкл3-в4}} + K_{\text{разь1-4}} + K_{\text{опн}} + \Sigma K_{\text{эбж}};$$

$$\Sigma K = 1,5 + 1,5 + 2,7 + 99,7 + 1,074 + 125 = 231,5 \text{ млн.тг.}$$

Амортизациялық шығындарды есептейміз:

$$И_{\text{а.эбж}} = E_{\text{эбж}} \times \Sigma K_{\text{эбж}} = 0,028 \times 99,7 = 2,8 \text{ млн.тг/жыл}, \quad (2.24)$$

мұндағы  $E_{\text{а.эбж}}$  – ЭБЖ аударымдық коэффициенті

$$И_{\text{а.қонд}} = E_{\text{қонд}} \times \Sigma K_{\text{қонд}} = 0,063 \times 231,5 = 14,6 \text{ млн.тг/жыл}. \quad (2.25)$$

$$\Sigma И_{\text{а}} = И_{\text{эбж}} + И_{\text{қонд}} = 2,8 + 14,6 = 17,4 \text{ млн.тг/жыл}. \quad (2.30)$$

Эксплуатацияға арналған шығындар:

$$И_{\text{экс.эбж}} = E_{\text{экс.эбж}} \times K_{\text{эбж}}, \quad (2.31)$$

$$И_{\text{экс.эбж}} = 0,004 \times 99,7 = 0,4 \text{ млн.тг/жыл}.$$

$$И_{\text{экс.қонд}} = E_{\text{экс.қонд}} \times \Sigma K_{\text{қонд}}, \quad (2.32)$$

$$И_{\text{экс.қонд}} = 0,01 \times 231,5 = 2,3 \text{ млн.тг/жыл}.$$

мұндағы  $E_{лэп}$ ,  $E_{оборуд.}$  – жабдықтардың пайдалануға арналған нормативті аударымдары

$$\begin{aligned} \Sigma I_{экс} &= I_{экс.эбж} + I_{экс.конд}, \\ \Sigma I_{экс} &= 0,4 + 2,3 = 2,7 \text{ млн.тг/жыл}. \end{aligned} \quad (2.33)$$

Э/энергиясын жоғалтуға арналған есептік шығындар (жылға):

$$\begin{aligned} \Sigma I_{пот} &= C_o \times (W_{тр.бткэ} + W_{эбж}), \\ \Sigma I_{пот} &= 3 \times (50654 + 511000) = 1,7 \text{ млн.тг/жыл}. \end{aligned} \quad (2.34)$$

мұндағы  $C_o = 3$  тг/кВт·сағ - электр энергиясының шығындар құны.

Суммарлық шығындар (жылға):

$$\begin{aligned} \Sigma I &= \Sigma I_a + \Sigma I_{экс.} + \Sigma I_{пот}, \\ \Sigma I &= 17,4 + 2,7 + 1,7 = 21,8 \text{ млн.тг/жыл}. \end{aligned} \quad (2.35)$$

Жылға келтірілген шығындарды анықтаймыз:

$$З = 0,12 \times \Sigma K_{об} + \Sigma I = 0,12 \times 231,5 + 21,8 = 49,6 \text{ млн.тг/жыл}. \quad (2.36)$$

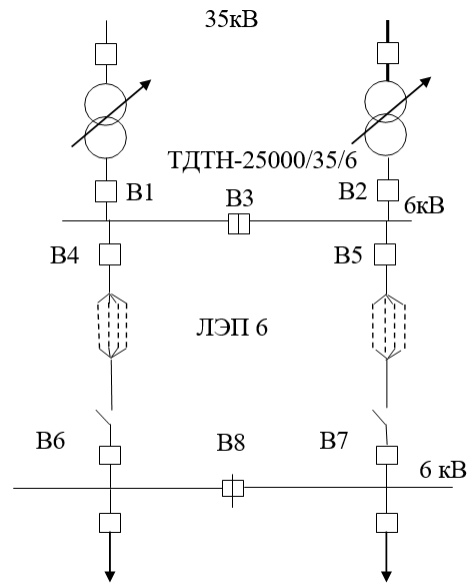
## 2.2 Екінші - нұсқа. 6 кВ кернеуі үшін қондырғылар мен өндіріс орнына дейінгі сымдарды таңдау

Кернеуі 6 кВ әуе ЭБЖ сымдарының қимасын есептеп, сымдарды таңдау.  
 $S_{р.эбж}$  – электр беру желісінің есептік толық қуатын анықтап аламыз:

$$S_{р.эбж} = \sqrt{P_{р.зав}^2 + Q_{э}^2},$$

мұндағы  $\Delta P_{р.бткэ}$  – БТҚС-та орналасқан трансформаторлардың активті шығындары, кВт.

$$S_{р.эбж} = \sqrt{15742^2 + 4147^2} = 16279 \text{ кВА}.$$



2.3 – сурет – Екінші нұсқа бойынша сыртқы электрмен жабдықтаудың сұлбасы – 6 кВ.

6 кВ кернеуі үшін өндіріс орнына дейінгі сымдарды таңдау.  $S_{p.ЭБЖ}$  – ЭБЖ-ң толық қуатын анықтап аламыз:

$$S_{p.ЭБЖ} = \sqrt{P_{p.зав}^2 + Q_{Э}^2}, \quad (2.37)$$

мұндағы  $\Delta P_{p.БТҚС}$  – БТҚС-да орналасқан трансформаторлардың активті шығыны, кВт.

$$S_{p.ЭБЖ} = \sqrt{15742^2 + 4147^2} = 16279 \text{ кВА.}$$

ЭБЖ-ң бір желісі үшін есептік токты анықтаймыз:

$$I_{p.ЭБЖ} = \frac{S_{p.ЭБЖ}}{2 \times \sqrt{3} \times U_H} = \frac{16279}{2 \times \sqrt{3} \times 6} = 747 \text{ А.} \quad (2.38)$$

Желінің апаттық тогын тауып алуым қажет:

$$I_{ав} = 2 \times I_p = 2 * 747 = 1444 \text{ А.} \quad (2.39)$$

$$j_{Э} = 1 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2} \text{ үшін } T_M = 5000 \text{ ч.}$$

$$F_{Э} = \frac{I_{p.ЭБЖ}}{j_{ЭК}} = \frac{747}{1,1} = 679 \text{ мм}^2.$$

ААШв 5х240-6 сымы таңдадым. Таңдалған сым қимасы үшін оның активті мен индуктивті кедергілері мен рұқсат етілген тогын қосымшадан тауып алуымыз қажет:

$$r_0=0,14; I_{доп} = 1200 \text{ А,}$$

Сымдарды таңдау және тексеру:

$$\begin{aligned} I_{шек} &> I_p, \\ 1200 \text{ А} &> 747 \text{ А.} \end{aligned} \quad (2.37)$$

Апаттан кейінгі режимдегі жылытуы (30%-н артық жүктеме бойынша):

$$\begin{aligned} 1,3 \times I_{доп} &> I_{ав}, \\ 1560 \text{ А} &> 1494 \text{ А.} \end{aligned} \quad (2.38)$$

Электр берудің әуе желілеріндегі электр энергиясының шығындары әуе электр желісі (ВЛЭП)-6 кВ:

$$\begin{aligned} \Delta W_{ЭБЖ6} &= N \times 3 \times I_{p,ЭБЖ}^2 \times R \times 10^{-3} \times \tau, \\ \text{мұндағы } R &\text{ – толық кедергі;} \\ I_p &\text{ – желіден өтетін есептік ток, А.} \end{aligned} \quad (2.39)$$

Әуе электр желісінің толық кедергісін табу қажет:

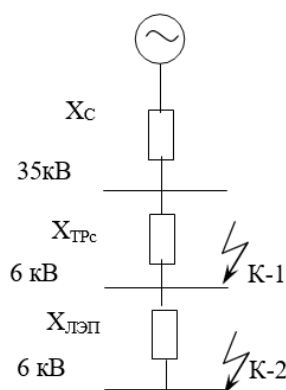
$$R = r_0 \times L = 0,14 \times 5,5 = 0,77 \text{ Ом.} \quad (2.40)$$

$$\Delta W_{ЭБЖ6} = 2 \times 3 \times 747^2 \times 0,77 \times 10^{-3} \times 3411 = 8793563 \text{ кВт} \times \text{ч.}$$

2хТДН-25000/35/6 трансформаторларын таңдаймыз. Трансформатордың паспорттық берілгендері:

$$S_n = 25000 \text{ кВА}; U_{вн} = 35 \text{ кВ}; U_{нн} = 6 \text{ кВ}; P_{xx} = 28,5 \text{ кВт}; P_{кз} = 140 \text{ кВт}; U_{кв-н} = 8\%; I_{xx} = 0,7\%.$$

### 2.2.1 ҚТ тогын есептеу



2.4 – сурет – Электрлік алмастыру схемасы

Базисті тоқты есептеп аламыз және келесідей шамаларды аламыз:  $S_6=100$  МВА,  $U_6 = U_{cp} = 6$  кВ.

Базисті ток формуласына сүйенсек:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_6} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 6} = 9.2 \text{ кА}, \quad (2.41)$$

$$I_{ав.тр.сис} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{25000}{\sqrt{3} \times 6} = 2408.4 \text{ А}. \quad (2.42)$$

$$X_{тр.сист} = \frac{U_{кв} \times S_6}{100 \times S_{НТР}}, \quad (2.43)$$

$$X_{тр.сист} = \frac{8 \times 100}{100 \times 25} = 0.32 \text{ о. е.}$$

Кабель толық кедергісі келесідей формула:

$$X_{эбж} = X_0 \times L \frac{S_6}{U_{cp}^2}, \quad (2.44)$$

$$X_{эбж} = 0,35 \times 5,5 \times \frac{100}{37^2} = 0.14 \text{ о. е.}$$

$K_1$  нүктедегі ҚТ тогы мына өрнекпен анықталады:

$$I_{K1} = \frac{I_6}{X_{тр.сист}}, \quad (2.45)$$

$$I_{K1} = \frac{9.2}{0.32} = 30 \text{ кА}$$

К1 нүктедегі соққылық тогы формуласы:

$$I_{удк1} = \sqrt{2} \times K_{уд} \times I_{к1}, \quad (2.46)$$

$$I_{удк1} = \sqrt{2} \times 1,8 \times 30 = 76.4 \text{ кА.}$$

К2 нүктедегі ҚТ ток, (2.45) формуласын ескерсек:

$$I_{к2} = \frac{I_6}{X_{ТР.сист} + X_{Каб}}, \quad (2.47)$$

$$I_{к2} = \frac{9.2}{0.32 + 0.14} = 20 \text{ кА.}$$

К2 нүктедегі соққылық тогы (2.47) формуласын қолданамын:

$$I_{удк2} = \sqrt{2} \times K_{уд} \times I_{к2}, \quad (2.48)$$

мұндағы

$$K_{уд} = 1,7$$

$$I_{удк2} = \sqrt{2} \times 1,7 \times 20 = 48 \text{ кА.}$$

2.2.2 Кернеуі 6 кВ үшін қорғаныс қондырғыларын таңдау.

Бірінші ретте ажыратқаштарды таңдау қажет:

Кесте 2.6 – В1-В7 үшін ВЭМ-6-40-3200У3 элегазды ажыратқыш

Таңдау шарттары	Тексеру
$U_{НВ} \geq U_{нс}$	6 кВ $\geq$ 6 кВ
$I_{Н} \geq 2I_{ав.трсис}$	3200 А $\geq$ 2408.4 А
$I_{откл} \geq I_{к1}$	40 кА $\geq$ 9,75 кА
$I_{дин} \geq i_{удк1}$	128 кА $\geq$ 76.4 кА
Бағасы, млн.тенге	1.3

2.6 кесте –Р1-Р2 үшін РВФ-6/2000 айырғыштары

Таңдау шарттары	Р1 үшін тексеру	Р2 үшін тексеру
$U_{Н} \geq U_{нс}$	6 кВ $\geq$ 6 кВ	6 кВ $\geq$ 6 кВ
$I_{Н} \geq I_{ав.ЭБЖ}$	2000 А $\geq$ 896 А	2000 А $\geq$ 896 А
$I_{терм} \geq I_{к1}$	25 кА $\geq$ 9,75 кА	25 кА $\geq$ 21 кА



### 2.2.3 Капитал шығындарды есептеу

1 Жүйе трансформаторына кеткен шығын:

$$K_{TC} = 2 \times 120 \text{ млн} \times 0,32 = 76,8 \text{ млн. тг.}$$

$$Y_{TC} = \frac{16279,35}{2 * 25000} = 0,32$$

Ажыратқыштардың үлестік қатысуы.4 P1-P2:

$$\gamma_{B_1, B_2} = \frac{I_{ав.лэп}}{I_{н.р}} = \frac{896}{2000} = 0,45, \quad (2.49)$$

$$K_{B_1-B_2} = N \times \gamma_{B_1-B_2} \times K_{вык}. \quad (2.50)$$

мұндағы  $N$  – айырғыштың саны;

$K$  – 1 айырғыштың бағасы, тенге.

$$K_{P_1-P_2} = 2 \times 0,45 \times 1,5 = 1,35 \text{ млн. тг.}$$

B1-B7 ажыратқышының үлестік қатысуы:

$$K_{B_1-B_2} = 7 \times 0,45 \times 1,3 = 4 \text{ млн. тг.}$$

Кернеуі 6 кВ кабелінің шығының есептеу:

$$K_{лэп} = L \times K_{уд} \times N \quad (2.51)$$

шамамен 1 км бағасы - 8 млн тг/км.

$$K_{каб} = 5,5 \times 8 \text{ млн} * 5 = 220 \text{ млн. тг.}$$

ОПН<sub>1-2</sub> – желідегі кернеу шектегіштің шығындары:

$$K_{опн1-2} = N \times K_{опн} \quad (2.52)$$

$$K_{опн1-2} = 2 \times 0,068 = 0,4 \text{ млн. тг.}$$

## 2.2.4 Кернеуі 6 кВ бойынша келтірілген шығындарды есептеу

Жиынтық күрделі салымдар:

$$\Sigma K = \Sigma K_{\text{выкл}1,2} + \Sigma K_{\text{разь}P1-P4} + \Sigma K_{\text{опн}1,2} + \Sigma K_{\text{лэп}} + K_{\text{выкл}3} + K_{\text{выкл}4,5} + K_{\text{выкл}6,7} + K_{\text{опн}1,2} + K_{\text{бткс}} = 76,8 + 1,35 + 4 + 220 + 0,4 = 302 \text{ млн.тг.}$$

Амортизациялық шығындар:

$$I_{\text{лэп}} = E_{\text{лэп}} \times \Sigma K_{\text{лэп}} = 0,028 \times 220 = 6,16 \text{ млн.тг/жыл.} \quad (2.53)$$

$$I_{\text{конд.}} = E_{\text{конд}} \times \Sigma K_{\text{конды}} = 0,063 \times 302 = 19 \text{ млн.тг/жыл.} \quad (2.54)$$

Барлығы:

$$\Sigma I = I_{\text{лэп}} + I_{\text{конд}} = 6,16 + 19 = 25,16 \text{ млн. тг/жыл.} \quad (2.55)$$

Эксплуатациялық шығындар:

$E_{\text{лэп}}$ ,  $E_{\text{оборуд.}}$  – жабдықтарды пайдалануға арналған нормативті аударымдар

$$I_{\text{лэп}} = E_{\text{лэп}} \times \Sigma K_{\text{лэп}}, \quad (2.56)$$
$$I_{\text{лэп}} = 0,004 * 220 = 0,88 \text{ млн.тг/жыл.}$$

$$I_{\text{экс.конд}} = E_{\text{конд}} \times \Sigma K_{\text{конд}}, \quad (2.57)$$
$$I_{\text{конд}} = 0,01 * 302 = 3 \text{ млн.тг/жыл.}$$

$$\Sigma I_{\text{экс}} = I_{\text{экс.эбж}} + I_{\text{экс.конд}}, \quad (2.58)$$
$$\Sigma I_{\text{экс}} = 0,88 + 3 = 3,8 \text{ млн. тг/жыл.}$$

Электр энергиясын жоғалту шығындары (жылға):

мұндағы  $C_0 = 3 \text{ тг/кВт} \times \text{сағ}$  - электр энергиясының бағасы

$$\Sigma I_{\text{шығ}} = C_0 \times (W_{\text{кабель}}), \quad (2.59)$$
$$\Sigma I_{\text{шығ}} = 3 * 8793563 = 26,4 \text{ млн. тг/жыл.}$$

Суммарлық шығындар (жылға):

$$\Sigma I = \Sigma I_a + \Sigma I_{\text{экс}} + \Sigma I_{\text{пот}}, \quad (2.60)$$
$$\Sigma I = 25,16 + 3,8 + 26,4 = 55,36 \text{ млн. тг/жыл.}$$

Жылына келтірілген есептік шығындар:

$$З = 0,12 \times \Sigma K + \Sigma И = 0,12 \times 302 + 55,36 = 91,6 \text{ млн.тг/жыл.} \quad (2.61)$$

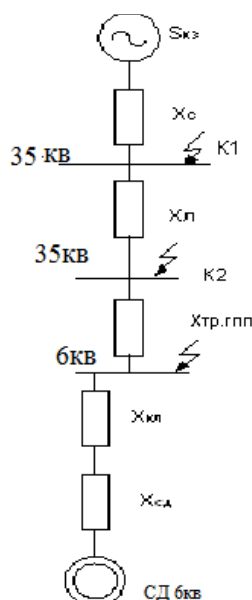
Қорытындылай келе техника-экономикалық есептеуді, келтірілген нұсқалардан жылдық шығындары төмен болған тиімді нұсқа таңдалады.

Кесте 2.7 – бірінші және екінші нұсқа шағыны бойынша салыстырамыз

Нұсқа №	$\Sigma K$ , млн.тг	$И_A$ , млн.тг	$И_Э$ , млн.тг	$И_{ПOT}$ , млн.тг	$З$ , млн.тг/жыл
1	231.5	17.4	2.3	1.7	49.6
2	302	25,16	5	26,4	91,6

Алынған талдаулар бойынша, яғни 35 кВ желісі мен 6 кВ желесімен салыстырғанда бірінші нұсқа арзан болғандықтан, желіні 35 кВ-пен тартқан тиімді болады деп қорытынды жасаймын.

### 2.3 Кернеуі 6 кВ электр желісін есептеу және қорғанғыс құрылғылары мен қондырғыларын таңдау



2.5 – сурет – ҚТ есептеу үшін орын басу схемасы

Есептеуге қажет шамалар:  $S_6 = 1000 \text{ МВА}$ ,  $U_6 = 1,05 * U_H = 6,3 \text{ кВ}$ .  
 $X_{тр.сис.} = 3.2 \text{ о. е.}$

Электр беріліс желісінің кедергісін анықтаймыз:

$$X_{\text{ЛЭП}} = 1.4 \text{ о. е.}$$

Базисті тогы келесідей:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} * U_6} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 6,3} = 91,64 \text{ кА.}$$

БТҚС трансформаторының кедергісін табамыз:

$$X_{\text{БТҚС}} = \frac{U_k * S_6}{100 * S_{\text{н.тр}}} = \frac{7.5 * 1000}{100 * 10} = 7.5 \text{ о. е.} \quad (2.62)$$

К-3 нүктесіндегі ҚТ:

$$I_{\text{К-3}} = \frac{I_6}{X_{\text{тр.сис.}} + X_{\text{ЛЭП}} + X_{\text{БТҚС}}} = \frac{91,64}{3.2 + 1.4 + 7.5} = 7.6 \text{ кА.} \quad (2.63)$$

7 Цехта СТД-1000-23УХЛ4 синхронды 4 қозғалтқыш орнатылған. Сол қысқа тұйықталуда ескеріледі.  $X''d = 0,2$ .

СҚ толық қуаты:

$$S_{\text{р.сд}} = \frac{P_{\text{н.сд}}}{\cos\varphi}, \quad (2.64)$$

$$S_{\text{р.сд}} = \frac{1000}{0,9} = 1176 \text{ о. е.}$$

СҚ-ң есептік тогы:

$$I_{\text{р.сд}} = \frac{S_{\text{р.сд}} * K_3}{U_{\text{н}} * \sqrt{3} * \eta}, \quad (2.65)$$

$$I_{\text{р.сд}} = \frac{1176 * 0,85}{6 * \sqrt{3} * 0,94} = 102 \text{ А.}$$

СҚ-қа кабель таңдау:

- токтың эко-лық тығыздығы бойынша:

Поливинилхлоридті және резеңкелі қағаз оқшаулағышы бар мыс кабель таңдалады. Оның тоқ тығыздығы :  $j_{\text{э}} = 2$ .

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{р.сд}}}{j_{\text{э}}} = \frac{102}{2} = 51 \text{ мм}^2. \quad (2.66)$$

Ең аз қима жылу кедергісі бойынша анықталады:

$$F_{min} = \alpha * I_{КЗ} * \sqrt{t_{ТП}}, \quad (2.67)$$

мұндағы  $\alpha$  – термиялық коэффициенті,  $\alpha = 7$  кернеуі 10 кВ дейінгі кабельдер мыс желілері үшін;

$t_3=0,3$  с – ең көп әрекет ететін уақыт;

$t_{0,В}=0,06$  с – элегаздық ажыратқыштың өшіру уақыты;

$t_{пр} = 0,36$  с – ҚТ токтың өту уақыты

$$F_{min} = 7 * 7.6 * \sqrt{0.36} = 32 \text{ мм}^2. \quad (2.68)$$

ПВП-10-(3x25/16) кВ типті кабельді таңдаймыз [19].

Кәбілдің кедергілері:  $r_0=0,74$  Ом/км;  $x_0=0,091$  Ом/км;  $I_{доп} = 164$  А.

$I_{доп} > I_{р.сд}, 164 \text{ А} > 102 \text{ А}.$

Кәбілдің индуктивті кедергісі:

$L = 70$  м – ТҚС-тан СҚ-қа дейінгі арақашықтық.

$$X_{каб.сд} = \frac{X_0 * L * S_б}{N * U_{ср}^2}, \quad (2.69)$$

$$X_{каб.сд} = \frac{0,2 * 0,07 * 1000}{2 * 6,3^2} = 0,12 \text{ о. е.}$$

СҚ-тың индуктивті кедергісі:

$$X_{сд} = \frac{X_d'' * S_б}{N * S_{р.сд}}, \quad (2.70)$$

$$X_{сд} = \frac{0,2 * 1000}{2 * 1,176} = 85 \text{ о. е.}$$

$$X_{эқв} = X_{каб.сд} + X_{сд}, \quad (2.71)$$

$$X_{эқв} = 0,12 + 85 = 85,12 \text{ о. е.}$$

СҚ-тың ЭҚК есептейміз:

$$E_H'' = \sqrt{1 + (X_d'')^2 + 2 * X_d'' * \cos\varphi}, \quad (2.72)$$

$$E_H'' = \sqrt{1 + (0,2)^2 + 2 * 0,2 * 0,85} = 1,18 \text{ кВ.}$$

$$E_{CD} = E''_H * \frac{U_H}{U_6}, \quad (2.73)$$

$$E_{CD} = 1,18 * \frac{6}{6,3} = 1,12 \text{ кВ.}$$

Синхронды қозғалтқыш қт тогы анықтаймыз:

$$I_{кз.СД} = \frac{E_{CD} * I_6}{X_{ЭКВ}}, \quad (2.74)$$

$$I_{кз.СД} = \frac{1,12 * 91,64}{85,12} = 1,2 \text{ кА.}$$

$$\Sigma I_{кз} = I_{к-3} + I_{кз.СД} = 7,6 + 1,2 = 8,8 \text{ кА.} \quad (2.75)$$

КЗ нүктедегі соққылық ток:  $K_{удкз} = 1,8$ .

$$I_{удкз} = \sqrt{2} * K_{удкз} * \Sigma I_{кз} = \sqrt{2} * 1,8 * 8,8 = 22,4 \text{ кА.} \quad (2.76)$$

### 2.3.1 Қорғаныс қондырғыларын таңдау

Секционды және кірмелі ажыратқыштарды таңдаймыз:  
БҚТС трансформаторының тогын анықтаймыз:

$$I_{р.тр.БТҚС} = \frac{S_{тр.БҚТС}}{N * \sqrt{3} * U_H} = \frac{16279}{2 * \sqrt{3} * 6} = 747 \text{ А.} \quad (2.77)$$

Апаттық ток:

$$I_{ав.тр.БТҚС} = 2 * I_{р.тр.БҚТС} = 2 * 747 = 1494 \text{ А.} \quad (2.78)$$

Кесте 2.8 - Кірмелі және секционды жоғары вольтті ажыратқыштарды таңдаймыз

Таңдау шарты	Өлшем бірлігі	Тексеру	
		Кірмелі	Секционды
Түрі	-	ВВ/TEL-6-1600-25У3	ВВ/TEL-6-1600-25У3
$U_H \geq U_p$	кВ	6 = 6	6 = 6
$I_H \geq I_{ав.тр.БТҚС}$ ( $I_{р.тр.БТҚС}$ )	А	1600 > 1494	1600 > 747
$I_{откл} \geq I_{кз}$	кА	25 > 8.8	25 > 8.8
$I_{дин} \geq i_{удкз}$	кА	52 > 22.4	52 > 22.4
$I_{откл}^2 \cdot t_{терм.откл} \geq I_{кз}^2 \cdot t_{полн.откл}$	кА <sup>2</sup> * с	1875 > 1,5	1875 > 1,5

Магистральді ажыратқыштарды таңдау:

Магистраль №1 БТҚС - (ТҚС1, ТҚС2) үшін:

$$S_{р.ЦТҚС1,ЦТҚС2} = \sqrt{(P_{р.М1} + \Delta P_{тр1})^2 + (Q_{р.М1} + \Delta Q_{тр1})^2}, \quad (2.79)$$

$$S_{р.ЦТҚС1,ЦТҚС2} = \sqrt{(9598,32 + 109)^2 + (7067 + 535)^2} = 12330 \text{ кВА},$$

$$I_{р.ЦТҚС1,ЦТҚС2} = \frac{S_{р.ЦТҚС1,ЦТҚС2}}{N \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{12330}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 593 \text{ А}, \quad (2.80)$$

$$I_{ав.ЦТҚС1,ЦТҚС2} = 2 * I_{р.ЦТҚС1,ЦТҚС2} = 2 * 593 = 1186 \text{ А}. \quad (2.81)$$

БҚТС-(СҚ) үшін:  $I_{р.сд} = \frac{1186 \cdot 0,85}{6 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,84} = 115 \text{ А}.$

Кесте 2.9 - ТҚС, СҚ үшін жоғары вольтті ажыратқыштарды таңдау

Таңдау шарты	Өлшем бірлігі	Тексеру	
		БТҚС-(ТҚС-1÷2)	БТҚС-(СҚ)
Түрі	-	ВВ/TEL-6-1600-12.5У3	
$U_H \geq U_p$	кВ	6 = 6	6 = 6
$I_H \geq I_{ав.тр.БТҚС}, I_{р.СҚ}$	А	1600 > 1186	1600 > 115
$I_{откл} \geq I_{кз}$	кА	12.5 > 4,65	12.5 > 8.8
$I_{дин} \geq i_{удкз}$	кА	32 > 22.4	32 > 22.4
$I_{откл}^2 \cdot t_{терм.откл} \geq I_{кз}^2 \cdot t_{полн.откл}$	кА <sup>2</sup> * с	1875 > 1,5	1875 > 1,5

ЖКБ үшін:

$$I_{р.ВБК} = \frac{Q_{ВБК}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1800}{\sqrt{3} \cdot 6} = 173 \text{ А}. \quad (2.82)$$

### 2.3.2 Жоғарғы вольтты кәбілдерді таңдау

Магистральді кәбілдерді таңдау:

БТҚС - ЦТҚС1, ЦТҚС2 үшін:

$$I_{p.ЦТҚС1,ЦТҚС2} = \frac{S_{p.ЦТҚС1,ЦТҚС2}}{N \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{11919}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 573 \text{ А}, \quad (2.83)$$

$$I_{ав.ЦТҚС1,ЦТҚС2} = 2 \cdot I_{p.ЦТҚС1,ЦТҚС2} = 2 \cdot 573 = 1146 \text{ А}. \quad (2.84)$$

ЦТҚС1-ЦТҚС2 үшін:

$$I_{p.ЦТҚС1-ЦТҚС2} = \frac{S_{p.ЦТҚС1,ЦТҚС2}}{N \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 11919}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 286 \text{ А}, \quad (2.85)$$

$$I_{ав.ЦТҚС1-ЦТҚС2} = 2 \cdot I_{p.ЦТҚС1,ЦТҚС2} = 2 \cdot 286 = 572 \text{ А}. \quad (2.86)$$

Кесте 2.10 – Кәбілдік журнал

Аумағы		$I_p$ , А	$F_{э}$ , мм <sup>2</sup>	$I_{д} \geq I_p$	$K_{п}$	$1,3 \cdot I_{д} \geq I_{апат}$	Кабель марка
Маг.	БТҚС- ТҚС1,ТҚ С2	573	279	$792 > 573$	0,8	$1213 > 1146$	ПвПу 1x630/35
	ТҚС1- ТҚС2	286	139. 5	$550 > 286$	0,7	$715 > 572$	ПвПу 3x240/25
	БТҚС-С Қ	102	24,5	$206 > 102$	0,8	-	ПвПу 3x50/16

### 2.3.3 Ток трансформаторын таңдау

Электр қабылдағыштардың жұмыс режимін бақылау үшін, сондай-ақ қосалқы станцияларда энергиямен жабдықтаушы ұйыммен ақшалай есеп айырысу үшін ТТ және ТН бақылау-өлшеу құралдары жоғары кернеу тізбектерінде қолданылады.

ТТ номиналды кернеумен, номиналды токпен таңдалады және қысқа тұйықталу тогына электродинамикалық және жылу кедергісімен тексеріледі.

$$U_{ном} \geq U_{уст}; I_{ном} \geq I_{(раб.мах)}; I_{(м.дин)} \geq i_{уд}; S_{2ном} \geq S_{2расч}$$



1) Кірістегі ток трансформаторын таңдау:  
 ТПЛ-6,  $U_H = 6$  кВ;  $I_H = 1600$  А;  $S_H = 10$  ВА  
 Т – ток трансформаторы; П – өтпелі; Л – оқшауламасы құйылған

Кесте 2.11 – Кірістегі ток трансформаторы қосылған аспаптар

Аспап	Түрі	А фазасы, ВА	В фазасы, ВА	С фазасы, ВА
A	Э-60	0,5	0,5	0,5
W	Д-65	0,5	0,5	0,5
Var	Д-345	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5

Таңдау шарттары	Өлшем бірлігі	Тексеру
$U_{ном} \geq U_{уст}$	кВ	$6 = 6$
$I_{ном} \geq I_{(раб.мах)}$	А	$1600 \geq 1494$
Таңдау шарттары	Өлшем бірлігі	Тексеру
$I_{(м.лин)} \geq i_{уд}$	кА	$100 \geq 22.4$
$S_{2ном} \geq S_{2расч}$	ВА	$10 \geq 9,87$

#### 2.3.4 Кернеу трансформаторын таңдау

НАМИ-6 УХЛ түрі ТН таңдаймын. Н – кернеу трансформаторы; А – антирезонанстық; М – ауа мен майдың табиғи айналымы; И – оқшаумаларды және желілерді бақылау үшін

Кесте 2.13 – ТН таңдау

Таңдау шарттары	Өлшем бірлігі	Тексеру
$U_{ном} \geq U_{уст}$	кВ	$6 = 6$
$S_{2ном} \geq S_{2расч}$	ВА	$200 \geq 6,63$

#### 2.3.5 Өзіндік мұқтаждық трансформаторын таңдау

Өзіндік мұқтаждық трансформаторын таңдаймыз. Бұл трансформатор ЖТҚ арналған жарықтандыруға, жылытуға және тағы басқа да мұқтаждықтарға жұмсалады. Қалыпты жағдайда ӨМТ-н БТҚС-ң қуатының 1-2% шамасында алады. Сондықтан ТСН-100/6/0,4 маркасын, ішке орнатуға арналған таңдаймыз.

### **3 Бейсызықты жүктеме жұмысының жылу кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсерін талдау**

Бейсызықты жүктеме-бұл ток пен кернеудің арасында сызықтық байланысы жоқ, электрмен жабдықтау жүйесінде гармоникалық бұрмалануды тудыратын жүктеме түрі. Мұндай жүктемелер олардың кедергісі қолданылатын кернеуге байланысты өзгертіндігімен сипатталады, мысалы, компьютер, теледидар, дәнекерлеу машинасы және т.б. Бұл құрылғыларда қуат көзінен алынған кернеудің пішіні мен амплитудасын өзгерте алатын қуатты электронды құрылғылар қолданылады. Бұл жүйедегі синусоидалы кернеу толқын пішінінің бұрмалануына әкелуі мүмкін. Бейсызықты жүктемелер сонымен қатар жүйеде қуаттың жоғалуына әкелуі мүмкін, бұл қуат коэффициентінің төмендеуіне және реактивті қуаттың жоғарылауына әкеледі. Бұл электр жүйесін шамадан тыс жүктеп, жабдықты зақымдауы мүмкін. Бейсызықты жүктемелерді талдау үшін спектрлік талдау және қуат жүйелерін модельдеу сияқты әртүрлі әдістер қолданылады. Бейсызықты жүктемелері бар жүйелер қуат шығынын өтеу және қуат коэффициентін жақсарту үшін белсенді сүзгілер және статикалық реактивті қуат компенсаторлары сияқты компенсаторлық құрылғыларды пайдаланады. Сондықтан бейсызықты жүктемелер энергетикалық жүйелерде жиі кездесетін мәселе болып табылады. Бұл жүктемелерді түсіну және талдау жүйенің жұмысын оңтайландырудағы, қуат шығынын азайтудағы және жабдықтың сенімділігін арттырудағы маңызды қадам болып табылады.

Гармоникалық бұрмалану-бұл электр жүйесі арқылы электр энергиясын беру кезінде пайда болатын электр сигналының жағымсыз бұрмалануы. Бұл бұрмаланулар жүйеде түзеткіштер, электр электроникасы және бейсызықты жүктемелер сияқты бейсызықты элементтердің болуынан туындайды. Гармоникалық бұрмалану электр жүйесінде көптеген проблемаларды тудыруы мүмкін, соның ішінде жабдықтың қызып кетуі, өлшеу құралдарының дұрыс жұмыс істемеуі, энергияны тиімсіз пайдалану және энергия шығындарының артуы. Гармоникалық бұрмалануды бағалау үшін гармоникалық бұрмалану коэффициенті (THD-Жалпы гармоникалық бұрмалану) деп аталатын индикатор жалпы гармоникалық қуаттың жалпы негізгі гармоникалық қуатқа қатынасын анықтау үшін қолданылады. Басқаша айтқанда, THD сигналдың жалпы сигнал қуатының гармоникасы екенін көрсетеді.

Гармоникалық бұрмаланумен күресудің бірнеше әдісі бар, соның ішінде сүзгілерді қолдану, реактивті қуаттың бейсызықты компенсаторларын қолдану және арнайы жиілік түрлендіргіштерін орнату.

Қазіргі заманғы электр жүйелерінде біздің өмірімізде жиі қолданылатын құрылғыларда бейсызықты элементтер бар және синусоидалы емес токтарды тұтынады, бұл гармоникалық бұрмалануды одан да өзекті мәселеге айналдырады. Сондықтан гармоникалық бұрмалануды түсіну және шешу электр энергиясын өндіру және электротехника саласындағы маңызды міндет болып табылады. Доғалы болат пеші - металлургия өнеркәсібінде кеңінен

қолданылатын заманауи болат балқыту жабдығы. Доғалы пештің негізгі артықшылықтары оның жоғары өнімділігі және болат балқыту үшін әртүрлі материалдарды пайдалану мүмкіндігі болып табылады. Доғалы болат пештер көптеген элементтерден тұрады, олардың әрқайсысы болат балқыту процесінде маңызды рөл атқарады. Олардың ішіндегі ең маңыздылары электродтар, электрод ұстағыштар, шина штангалары, трансформаторлар, реакторлар, суды салқындату жүйелері және басқару жүйелері болып табылады.

*Доғалы болат пештің жұмыс принципі:* доғалы пеште болатты балқыту процесі пеште орналасқан электродтар арқылы өтетін токты пайдалануға негізделген. Электродтар арасында ток өткен кезде доға пайда болады, ол пештегі материалды өте жоғары температураға дейін қыздырады. Бұл процесте материал балқып, араласып, болат түзеді.

*Доғалы болат пешті қолдану:*

Доғалы болат пеші металлургия өнеркәсібінде болат балқыту үшін кеңінен қолданылады. Олар болатты әртүрлі материалдардан, соның ішінде металл сынықтарынан, оны қайта өңдеуден және басқа салалардағы қалдықтарды қайта өңдеуден өндіруге мүмкіндік береді.

*Доғалы болат пештердің артықшылықтары мен кемшіліктері:*

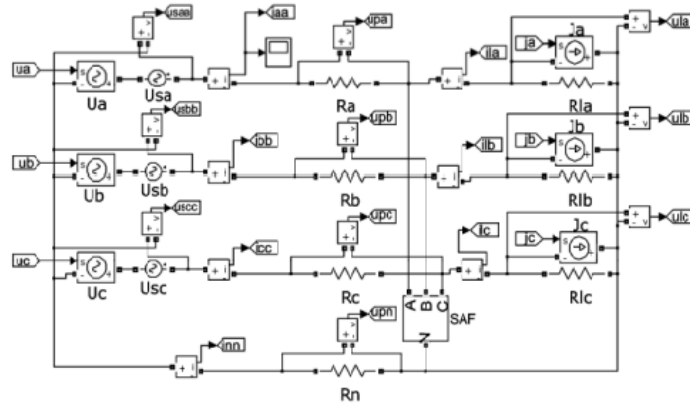
Доғалы болат пештерінің негізгі артықшылықтарының қатарына жоғары өнімділік, әртүрлі материалдарды пайдалану мүмкіндігі және ұсақ металдарды балқыту мүмкіндігі жатады. Сонымен қатар, доғалы пештер кәдімгі болат пештеріне қарағанда аз энергияны қажет етеді. Дегенмен, доғалы болат пештердің де кемшіліктері бар. Мысалы, ол жұмысшыларға зиян тигізуі мүмкін көптеген шу мен діріл тудыруы мүмкін. Доғалы болат пеші электр желісіндегі бейсыздықты жүктемені білдіреді, өйткені электр кедергісі балқытылған металдың температурасы мен қасиеттеріне байланысты өзгереді. Жұмыс кезінде доғалы пеш синусоидалы емес түрде қуатты тұтынады, бұл желідегі гармоникалық бұрмалануға әкеледі. Доғалы болат пеші әртүрлі металл материалдарын балқыту және қалыптау үшін қолданылады. Жұмыс кезінде ток пеште орналасқан металл материалдан өтіп, жоғары температура доғасын жасайды. Доғалы пеш электр желісіндегі энергияны көп қажет ететін құрылғылардың бірі болып табылады және оны пайдалану желінің тұрақсыздығына әкелуі мүмкін. Сондықтан доғалы болат балқыту пешінің желісіне теріс әсерді азайту үшін сүзгілерді, компенсаторлық құрылғыларды және электр жүйесін басқарудың басқа әдістерін қолдану қажет.

### 3.1 Жұмысты модельдеу

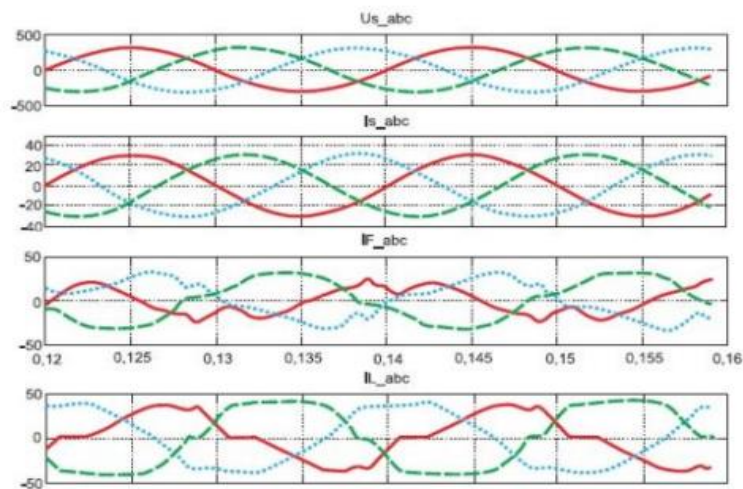
Мен MATLAB жүйесінде бейсыздықты жүктемесі бар термиялық зауыттың электрмен жабдықтау жүйесін модельдедім. Осы мақсатта электрмен жабдықтау жүйесінің негізгі құрамдас бөліктері мен параметрлерін, оның ішінде ДБП пешін, электр жүктемелері мен басқару элементтерін ескеретін жүйелік

модель әзірленді және енгізілді. Модель ДБП пешінің қуат, тиімділік, инерция және динамикалық қасиеттері сияқты сипаттамаларын көрсетті. Сондай-ақ бейсызықты жүктемелер олардың сипаттамалары мен сипаттамаларын, оның ішінде гармоника мен сигналдың бұрмалануын ескере отырып анықталды.

Алдымен 3.1-суретте көрсетілгендей термиялық қондырғының электрмен жабдықтау жүйесінің моделі жасалды. Содан кейін жүйеге доғалы болат пеші түріндегі бейсызықты жүктеме қосылды. Бұдан әрі салыстырмалы талдау үшін бейсызықты жүктемесі бар және онсыз желі жұмысының нәтижелері алынды, нәтижелер 3.2-суретте көрсетілген. Жоғарғы осциллограммада желінің кернеуі, содан кейін желі тогы көрсетіледі. Кейінгі осциллограмма бейсызықты жүктеме пайда болғаннан кейін ток пен кернеудің бұрмалануын көрсетеді, соңғы осциллограмма белсенді сүзгіні қосқаннан кейін ток пен кернеудің өзгеруін көрсетеді. Нәтижелерді алғаннан кейін, 3.2-суретте көрсетілгендей, қоректендіру жүйесінің моделіне белсенді сүзгі түріндегі компенсациялық құрылғы қосылады.



3.1- сурет - Термиялық зауытты электрмен жабдықтау жүйесінің моделі



3.2-сурет - Жүйедегі процесс нәтижелері

### 3.2 Нәтижелерді талдау

Бейсызықты жүктемесі бар жүйенің жұмысын модельдеу нәтижелерін талдағаннан кейін келесі негізгі қорытындыларды жасауға болады:

1) Жүйенің тұрақтылығы: жүйе бейсызықты жүктемеге ұшыраған кезде тұрақты жұмысын Көрсетеді. Қажетсіз ауытқулар, ауытқулар және тұрақсыздық жоқ.

2) Жүйе жүктемесінің әсері: бейсызықты жүктеме жүйенің әртүрлі параметрлеріне, соның ішінде кернеуге, токқа және жиілікке айтарлықтай әсер етеді. Жүйенің параметрлері бейсызықты жүктеменің сипаттамаларына байланысты белгілі бір диапазонда өзгереді.

3) Жүйенің тиімділігі: бейсызықты жүктемесі бар жүйенің жұмысы қойылған міндеттер мен мақсаттарға жетуде тиімді. Мүмкін, кейбір жүйелік параметрлер оңтайлы емес және оңтайландыруды қажет етеді, бірақ тұтастай алғанда жүйе бейсызықты жүктемелермен сәтті күреседі.

4) Гармоника және бұрмалану: бейсызықты жүктемеден туындаған гармоникалық бұрмалану мен сигналдың бұрмалануын Анықтаңыз. Бұрмалану деңгейі қосымша назар аударуды және жүйеге әсерді азайту үшін мүмкін болатын шараларды қажет етеді.

5) Энергия шығыны: жүйенің энергия шығыны бейсызықты жүктемені пайдалану кезінде бағалауды және оңтайландыруды қажет етеді. Жүйенің энергия тиімділігін арттыру үшін энергия тұтынуды азайтудың әлеуетті бағыттары анықталды.

Кесте 3.1 - Үш түрлі жұмыс режимі бойынша THD салыстыру

$k_b$	THD	THD	THD
0.1	0.047	10.04	1.16
0.2	0.094	10.12	1.43
0.3	0.141	11.53	1.79
0.4	0.188	11.98	2.01
0.5	0.235	12.77	2.48
0.6	0.282	13.63	2.79
0.7	0.329	13.91	3.16
0.8	0.367	14.59	3.87
0.9	0.423	14.86	4.05
1.0	0.47	15.61	4.14

### 3.3 Гармоникалық бұрмалану коэффициентін есептеу

3-ші гармоника:

$$I_{m1} = \frac{S_{nm1}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (3.1)$$

$$I_{m1} = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 6.3} = 458 \text{ A}$$

$$I_{max3} = \frac{I_{m1}}{V^2} \quad (3.2)$$

$$I_{max3} = \frac{458}{3^2} = 50.8$$

$$I_{гр3} = 50,8 \cdot \sqrt[4]{3 \cdot \left(\frac{2500}{5000}\right) + \frac{5000}{5000}} = 64 \text{ A}$$

$$U_{v3} = 64 \cdot 3 \cdot 6.3 \cdot \frac{6.3}{1800} = 4.23 \text{ B}$$

2-ші гармоника:

$$I_{гр2} = I_{гр3} = 64 \text{ A}$$

$$U_{v2} = 64 \cdot 2 \cdot 6.3 \cdot \frac{6.3}{1800} = 2.82 \text{ B}$$

4-ші гармоника:

$$I_{max4} = \frac{I_{m1}}{V^2} \quad (3.3)$$

$$I_{max4} = \frac{458}{4^2} = 28.6$$

$$I_{гр4} = 28,6 \cdot \sqrt[4]{3 \cdot \left(\frac{2500}{5000}\right) + \frac{5000}{5000}} = 35,96 \text{ A}$$

$$U_{v4} = 35,96 \cdot 4 \cdot 6.3 \cdot \frac{6.3}{1800} = 3,17 \text{ B}$$

5-ші гармоника:

$$I_{max5} = \frac{I_{m1}}{V^2} \quad (3.4)$$

$$I_{max5} = \frac{458}{5^2} = 18.3$$

$$I_{гр5} = 18.3 \cdot \sqrt[4]{3 \cdot \left(\frac{2500}{5000}\right) + \frac{5000}{5000}} = 23 \text{ A}$$

$$U_{v5} = 23 \cdot 5 \cdot 6.3 \cdot \frac{6.3}{1800} = 2.53 \text{ B}$$

6-шы гармоника:

$$I_{max6} = \frac{I_{m1}}{v^2} \quad (3.5)$$

$$I_{max6} = \frac{458}{6^2} = 12.7$$

$$I_{гр6} = 12.7 \cdot \sqrt[4]{3 \cdot \left(\frac{2500}{5000}\right) + \frac{5000}{5000}} = 14.05 \text{ A}$$

$$U_{v6} = 14.05 \cdot 6 \cdot 6.3 \cdot \frac{6.3}{1800} = 1.85 \text{ B}$$

7-ші гармоника:

$$I_{max7} = \frac{I_{m1}}{v^2} \quad (3.6)$$

$$I_{max7} = \frac{458}{7^2} = 9.3$$

$$I_{гр7} = 9.3 \cdot \sqrt[4]{3 \cdot \left(\frac{2500}{5000}\right) + \frac{5000}{5000}} = 11.7 \text{ A}$$

$$U_{v7} = 11.7 \cdot 7 \cdot 6.3 \cdot \frac{6.3}{1800} = 1.8 \text{ B}$$

Бейсызқты бұрмалану коэффициенті:

$$K_{нс} = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum U_v}}{U_n \cdot 1000} \quad (3.7)$$

$$K_{нс} = 100 \cdot \frac{\sqrt{4.23^2 \cdot 2.82^2 \cdot 3.17^2 \cdot 2.53^2 \cdot 1.85^2 \cdot 1.8^2}}{6.3 \cdot 1000} = 5.05\%$$

МЕМСТ кернеу сапасының негізгі көрсеткіштерінің нормалары бойынша 6-10 кВ желісінде рұқсат етілген бұрмалану коэффициенті 5-8% арасында. Мендегі шыққан мән - 5.05%. Бұл мәннен асып кеткен жағдайда гармоникалық бұрмалануды азайту үшін сүзгілер пайдаланылады.

### 3.4 Мәселенің шешімі

Электр жүйелеріндегі бейсызықты жүктеме мәселесі кернеу мен токтың синусоидалы пішінінің бұрмалануы, гармоникалық бұрмаланудың жоғарылауы, қуат коэффициентінің төмендеуі, жабдықтың шамадан тыс жүктелуі және т.б. сияқты әртүрлі мәселелерді тудырады. Бұл мәселені шешуге әртүрлі тәсілдермен қол жеткізуге болады. Әдеттегі бейсызықты бұрмалану мәндері:

0% - идеалды синусоидалы толқын пішіні.

3% - сигнал пішіні синусоидадан ерекшеленеді, бірақ бұрмалану көзге байқалмайды.

5% - осциллограммада көзге көрінетін синусоидалыдан сигнал пішінінің ауытқуы.

21% - мысалы, сигнал трапеция тәрізді немесе сатылы.

43% - мысалы, төртбұрышты сигнал.

Бейсызықты жүктемелер мәселесін шешудің жолы-сүзгілерді пайдалану. Сүзгілерді гармоникалық бұрмалануды азайту және электр энергиясының сапасын жақсарту үшін пайдалануға болады. Сүзгілер пассивті сүзгілер, белсенді сүзгілер және гибриді сүзгілер сияқты әртүрлі болуы мүмкін. Сүзгі түрін таңдау жүйенің нақты шарттары мен талаптарына байланысты. Гармоникалық бұрмалану сүзгісі (ГБС) - электр желісіндегі гармоникалық бұрмалану деңгейін төмендету үшін қолданылатын құрылғы. Олар гармоникалық бұрмаланудың болуымен байланысты әсерлерді азайту үшін қолданылады, мысалы, шамадан тыс жүктеме, энергия сапасының төмендеуі және жабдықты жылыту.

ГБС белсенді және пассивті болып бөлінеді. Пассивті сүзгілер ең қарапайым және резисторлардан, конденсаторлардан және катушкалардан тұрады. Бұл элементтер гармоникалық компоненттерді жиілік бойынша сүзеді. Пассивті сүзгілердің кемшілігі реакцияның тұрақты болуында және гармоникалық компоненттердің фазалық ығысуын түзету мүмкін еместігінде. Белсенді сүзгілер, керісінше, басқарылатын ток көзі мен есептеу электроникасын пайдаланатын пассивті сүзгілерге қарағанда гармоникалық бұрмалануды тиімдірек тежей алады. Ол фазалық ауысуларды түзету және гармоникалық компоненттерді реттеу үшін нақты уақыт режимінде жұмыс істей алады.



## ҚОРЫТЫНДЫ

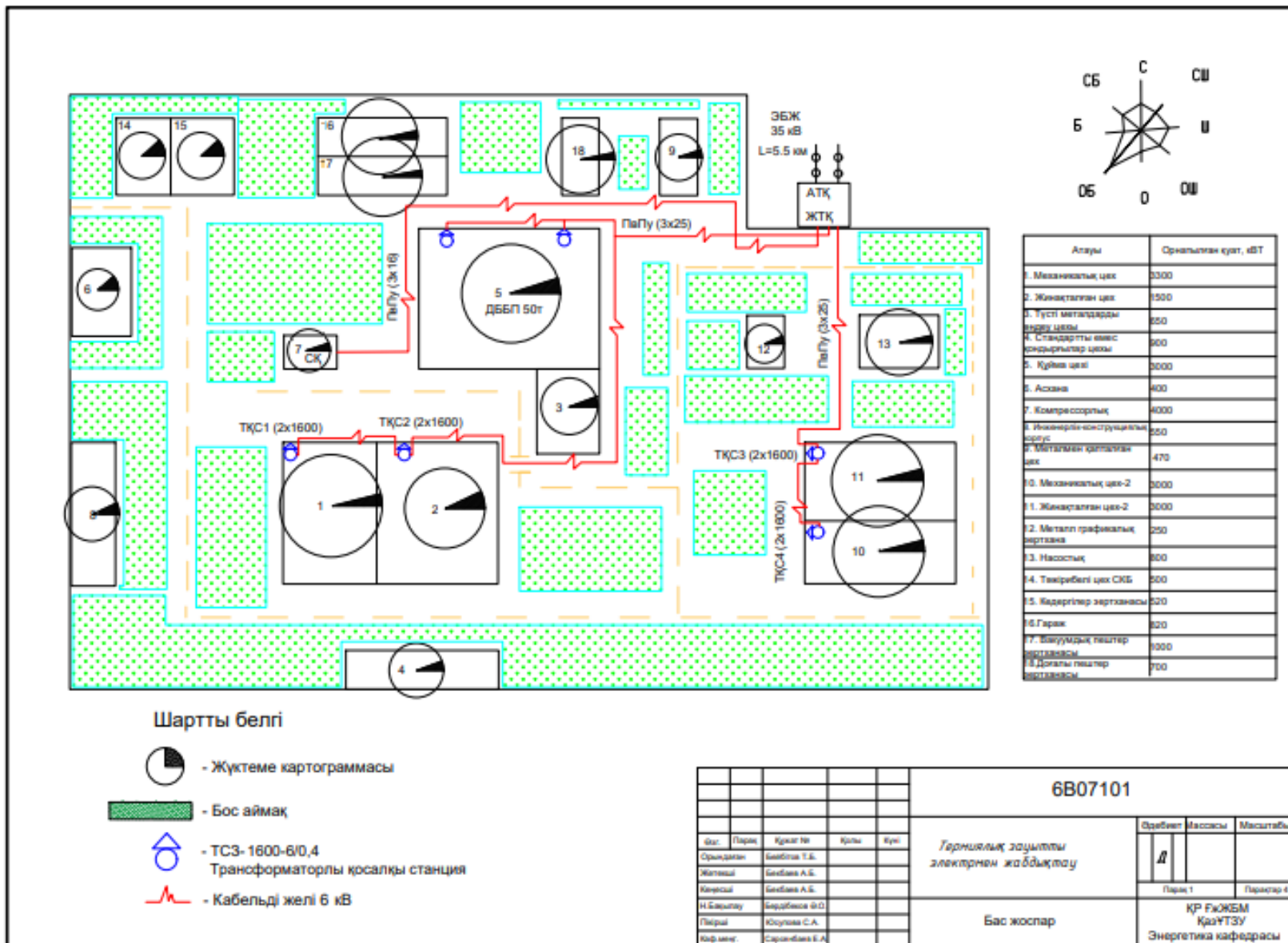
Бұл дипломдық жұмыста бейсызықты жүктеме жұмысының термиялық кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсерін қарастырдым. Жұмыс барысында ең алдымен зауыттың технологиялық процестерімен таныстым. Аумағы бойынша 2 ТҚС, 6 кабельді, 1 траншея, 4 синхронды қозғалтқыштар орнатылды. Ары қарай электр жүктемелері және жарықтандыру жүктемесі есептеліп, Autocad бағдарламасы арқылы картограммалық сұлбасын сыздым. Цех трансформаторының санын тауып алып, 0,4 кВ кернеудегі реактив қуатты компенсациялау үшін конденсатор батареяларын орнаттым. Сыртқы электрмен жабдықтауда 2 нұсқаны 6 және 35 кВ қарастырдым. 2 нұсқаны салыстыру барысында желіні 35 кВ-пен тартқан тиімді деп қорытындылады. Таңдалған нұсқа бойынша жабдықтар таңдалды. БТҚС шинасындағы қысқа тұйықталу тоғын есептедім. Осы бойынша ажыратқыш, ток және кернеу трансформаторын таңдадым.

Бейсызықты жүктеме мәселесін шешудің бір жолы-сүзгілерді пайдалану. Сүзгілерді гармоникалық бұрмалануды азайту және электр энергиясының сапасын жақсарту үшін пайдалануға болады. Гармоникалық бұрмалану сүзгісі (ГБС) - электр желісіндегі гармоникалық бұрмалану деңгейін төмендету үшін қолданылатын құрылғы. ГБС белсенді және пассивті болып бөлінеді. Пассивті сүзгілер ең қарапайым және резисторлардан, конденсаторлардан және катушкалардан тұрады. Белсенді сүзгілер, керісінше, басқарылатын ток көзі мен есептеу электроникасын пайдаланатын пассивті сүзгілерге қарағанда гармоникалық бұрмалануды тиімдірек тежей алады. Олар нақты уақыт режимінде жұмыс істейді және гармоникалық компоненттерді реттеу үшін фазалық ауысуларды түзете алады.

Қорытындылай келе, бұл жұмыс бейсызықты жүктеменің жылу кәсіпорындарының электр сапасына әсерін есептеудің маңыздылығын растайды және оның алдын алу шараларын сипаттайды. Алынған нәтижелер бейсызықты жүктемелер болған кезде жүйенің тұрақты жұмыс істеу мүмкіндігін растайды, бірақ гармоника мен бұрмалануды азайту шараларын оңтайландыруды және енгізуді талап етеді. Бұл жұмыс жүйенің тиімділігін, сенімділігі мен сапасын арттыру мақсатында термиялық қондырғыларды бейсызықты жүктемелермен электрмен жабдықтау саласындағы әрі қарайғы зерттеулердің негізі болып табылады.

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

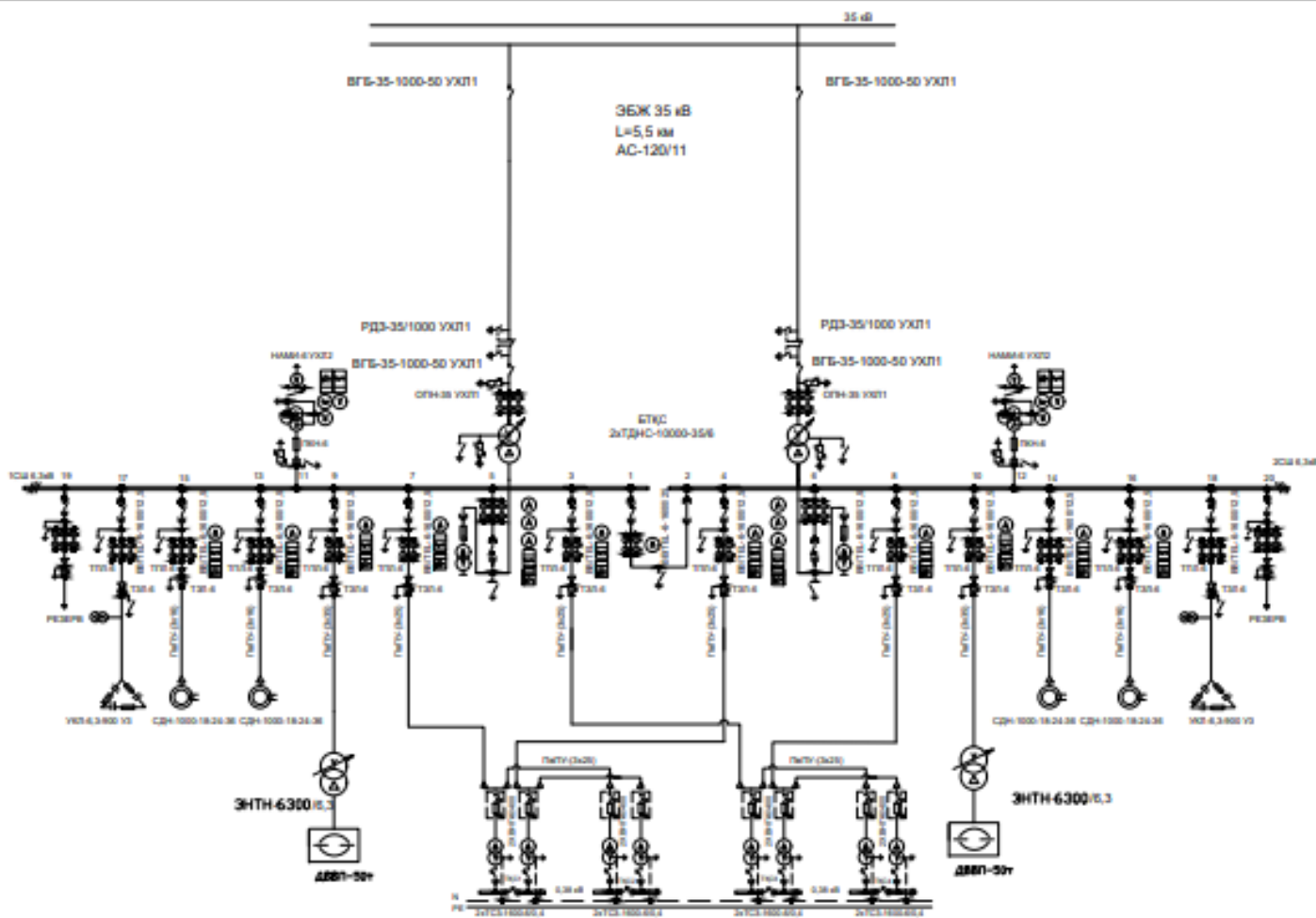
- 1 Багиров Ф. Г., Замлинский В. М. Бейсызықты электрлік жүктемелер және олардың электр энергетикалық жүйесіне әсері. 2016.
- 2 Электрмен жабдықтау жүйелерін динамикалық модельдеу. - М.: Энергоатомиздат, 2018.
- 3 Власов С. Н., Козлов С. М., Максимов С. В. Электрмен жабдықтау жүйелерінің стационарлық емес жұмыс режимдерін талдау әдістері. - М.: Энергоатомиздат, 2014.
- 4 Грязнов В. П., Завьялов М. Ю., Николаева Л. А. Электр энергетикалық жүйелерді талдау: өтпелі кезең. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.
- 5 Гаврилов А. В., Семенов А. М. Электр жүйелері мен желілері: өтпелі режимдер және гармоникалар. - М.: Лань, 2013.
- 6 Saravanan P., Padmanaban S., Vlaabjerg F. Бейсызықты жүктемелері бар электр энергетикалық жүйелерді талдау және басқару. - Academic Press, 2018.
- 7 Grady W. M. Power System Analysis. - CRC Press, 2018.
- 8 СТ КазННТУ – 09 – 2023 Білім беру жұмыстары. Мәтіндік және графикалық материалды құруға, көрсетуге, безендіруге және мазмұнына қойылатын жалпы талаптар.



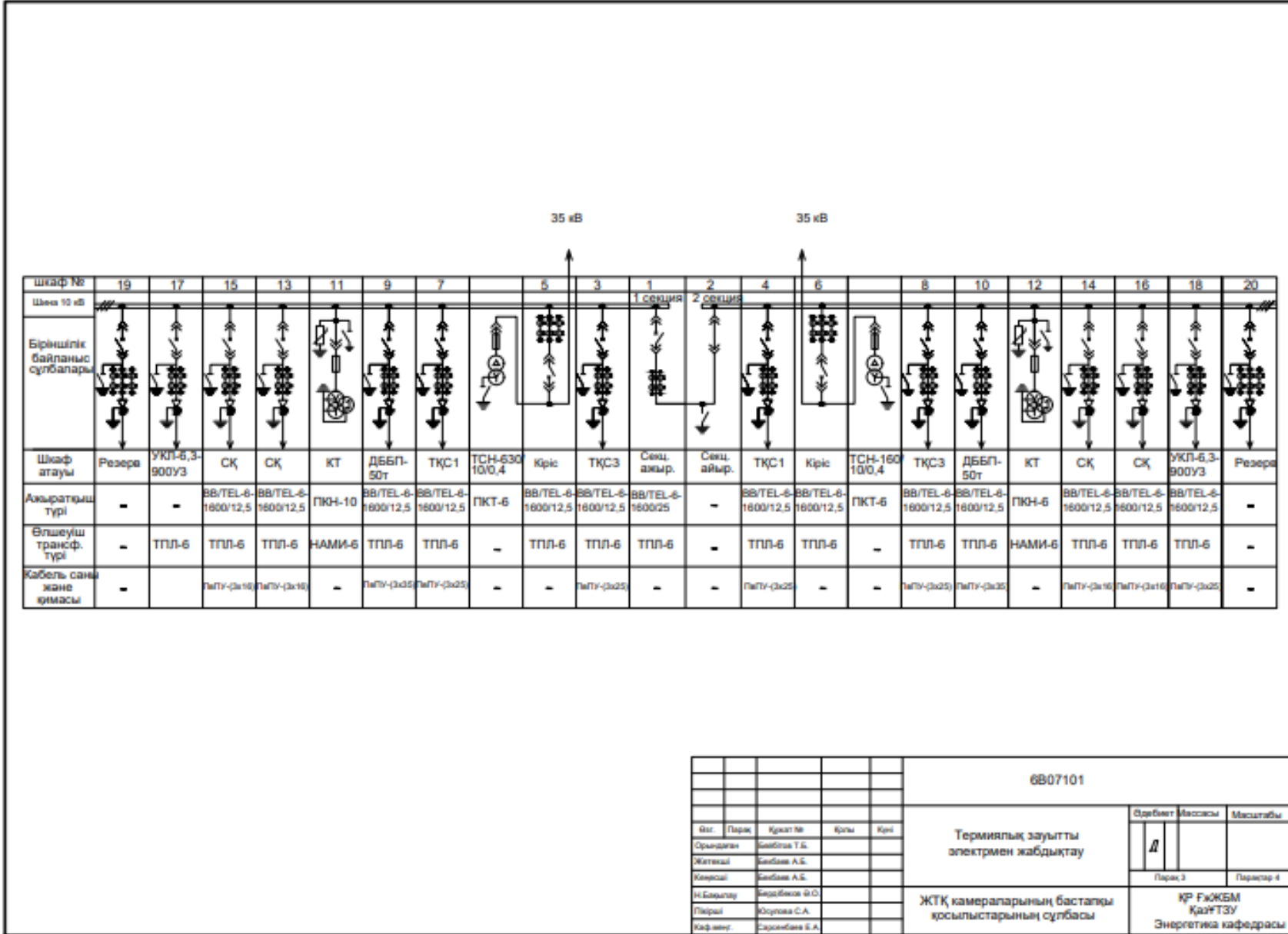
Алауы	Орналынған қуат, кВт
1. Механикалық цех	3300
2. Жинақталған цех	1500
3. Түсті металлдарды өңдеу цехы	250
4. Стандартты өлсес өлшеушілер цехы	500
5. Құйма цехі	3000
6. Асхана	400
7. Компьютерлік	4000
8. Пластик конструкциялар өңдеу	250
9. Металмен қытылған цех	470
10. Механикалық цех-2	3000
11. Жинақталған цех-2	3000
12. Металл графикалық жертақша	250
13. Насосық	500
14. Токрибелгі цех СКБ	500
15. Қазіргілер жертақшасы	520
16. Ғарак	320
17. Вакуумдық пештер жертақшасы	1000
18. Дәліздік пештер жертақшасы	700

- Шартты белгі**
- Жүктеме картограммасы
  - Бос аймақ
  - ТС3-1600-6/0,4 Трансформаторлы қосалқы станция
  - Кабельді желі 6 кВ

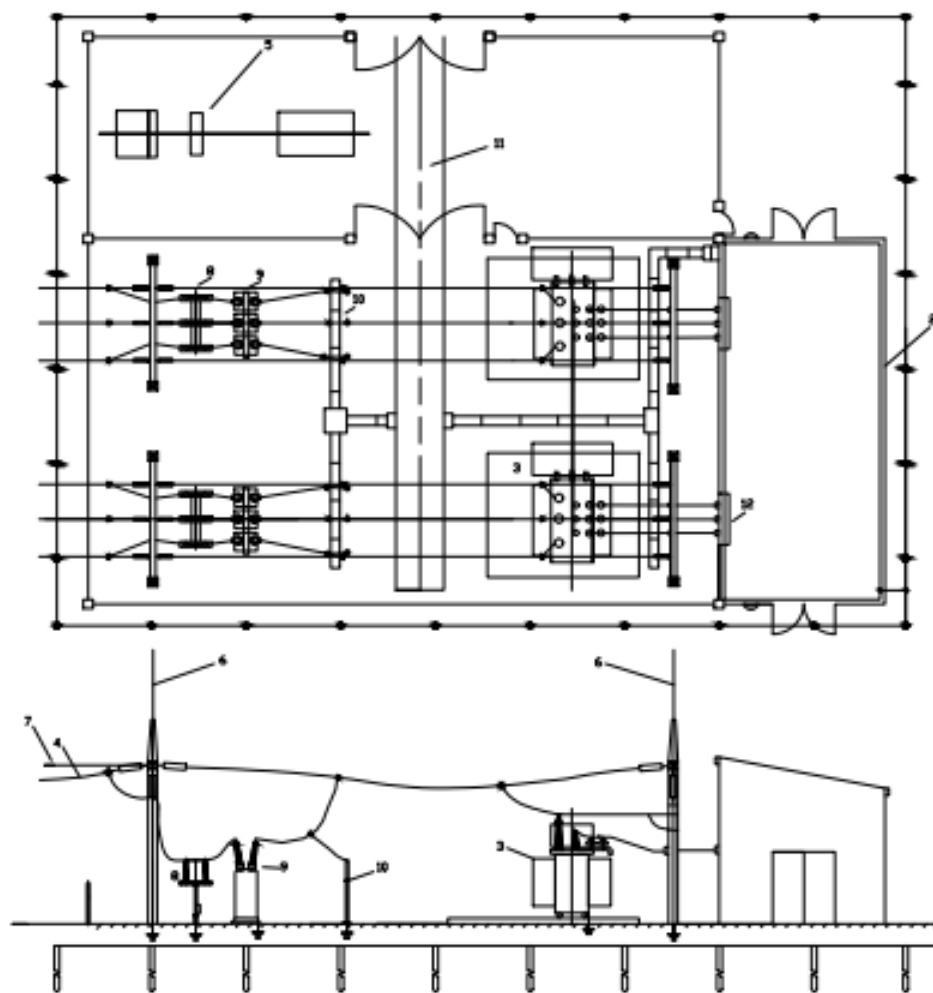
					<b>6B07101</b>			
Аты	Пары	Құжат №	Құлы	Құры	<i>Тәртіптік заңимты электрон жабдықтау</i>	Өлшеуі	Масшасы	Масштабы
Орындалған	Бекітіне Т.Б.					<i>Δ</i>		
Жетілген	Бекіткен А.Б.						Пары 1	Парылар 4
Қызыл	Бекіткен А.Б.					Бас жоспар		
Н.Бекіту	Бекіткен Ө.Д.					ҚР ҒАЖБМ ҚазҰТУ Энергетика кафедрасы		
Пайдалану	Құрылған С.А.				Формат А3			
Қар. мөңг.	Сарынбай Е.А.							



					6В07101			
№	Парық	Құжат №	Крық	Құж	Термиялық зауытты электрмен жабдықтау	Өлшеу	Масштаб	Масштабы
Орындаған	Аманжол Т.А.					Д		
Жетілген	Самбаев А.Б.							
Келісетін	Самбаев А.Б.							
Н. Бақытбай	Бердібеков Б. Д.				Бірсызықты принципалды сұлба	Тарап 1		Тараптар 4
Тексерген	Жуғалық С.А.					ҚР ҒАЖКЕМ ҚазҰТЗУ Энергетика кафедрасы		
Қабылдаған	Сарғандықов С.А.				Формат А3			



					6В07101			
					Терминалық зауытты электрмен жабдықтау			
					ЖТҚ камераларының бастапқы қосылыстарының сұлбасы		ҚР ҒАЖЕМ ҚазҰТЗУ Энергетика кафедрасы	
Авт.	Парақ	Күкіл №	Қылы	Көші	ЖТҚ камераларының бастапқы қосылыстарының сұлбасы	Өлшеуіш	Масштабы	
Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан		Парақ 3	Парақтар 4	
Жетекші	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан				
Көрсеткіш	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан				
Н.Басқару	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан				
Пайдалану	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан				
Қаржы	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан	Сызықтан				



№	Атаы	Тип-нама	Кол-во	Примечание
1	АТҚ 35 кВ		1	
2	ХТҚ 10 кВ		1	
3	Трансформатор	ТДНС-10000/35	2	
4	ӘК 35 кВ	АС-120/11	2	
5	Жөндеу аламы		1	
6	Нәзікәл тартқы		4	
7	Қорғау тросы		2	
8	Алығғы	РДЗ-35/1000	2	
9	Ақыратқы	ВГБ-35-1000-50У1	2	
10	Ақы	ОПН-35-М	2	
11	Жол		1	
12	Та-р саяқ ығыстары		6	

					6В07101		
					Термиялық зауытты электрмен жабдықтау		
					Өребиет	Массасы	Масштабы
					Д		
					Параграф		Параграф
Әк.	Парақ	Құрап №	Қолы	Күні	БТҚС кескіні  ҚР ҒҰЖЕМ ҚазҰТЗУ Энергетика кафедрасы		
Орындалған	Бейбітжан Т.Б.						
Жеткенді	Бейбітжан А.Б.						
Келісетін	Бейбітжан А.Б.						
Н.Басшылау	Бейбітжан Ө.Д.						
Пайдалану	Қурбанов С.А.						
Бір міндет	Сарыбаев Е.А.						

Формат А3

**Бейбітов Төлеген Бауыржанұлы**

**6В07101 - Энергетика**

### **ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ШҚІРІ**

"Бейсызықты жүктеме жұмысының термиялық кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсері" дипломдық жұмысына

Осы дипломдық жұмыста студент Бейбітов Төлеген, термиялық зауытты электрмен жабдықтау жүргізген. Зауыт бойынша электр жүктемелерін есептеу, қуаттардың есептік активті және реактивті шығынын анықтау, техникалық-экономикалық есеп, кернеуі 6 кВ электр желісін есептеу және қондырғыларды таңдау сияқты бірқатар мәселелер қарастырылған.

Арнайы бөлімінде бейсызықты жүктеме жұмысының жылу кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсерін талдау үшін есептеулер жүргізілген.

Дипломдық жұмыс екі басты бөлімнен тұрады, олар зауытты электрмен жабдықтау, термиялық зауыттағы бейсызықты жүктеме кезіндегі гармоникалық бұрмалануды есептеу, сонымен қоса қорытынды және қолданылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

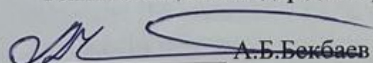
Қорытынды мен ұсыныстардың айғақтылығы және нақтылығы бойынша дипломдық жобадағы алдына қойылған мәселені шешу дәрежесі жоғары, зерттеу толығымен аяқталған.

Диплом жазушы Бейбітов Төлеген теориялық дайындығын жеткілікті көрсетті, практикамен ұштастыра білді, диплом жазуда басқа тілден аударылған терминдер атауларында қате болған, бірақ жұмыс кезінде қателерін түзеп, жұмысты өте жақсы меңгерді.

Дипломдық жұмыс қойылатын талаптарға сәйкес келеді және мемлекеттік аттестациялық комиссияның отырысында қорғауға жіберіледі. Ал, түлек Бейбітов Төлеген «Энергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесіне лайықты және дипломдық жұмысын В - «жақсы» 85 баллмен бағалаймын.

**Ғылыми жетекші**

Техникалық ғылымдар докторы, профессор

 А.Б.Бекбаев

(қолы)  
«17» 06 2024 ж.



Тақырыбы: «Сызықты емес жүктеме жұмысының термиялық кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсері».

**6B07101 – Энергетика**  
(шифр және мамандық атауы)

**Бейбітов Төлеген Бауыржанұлы**  
(Студенттің аты-жөні)

**Дипломдық жұмысына**  
(жұмыс түрінің атауы)

### СЫН ПІКІР

Дипломдық жұмыста термиялық зауытты электрмен жабдықтау жүргізілген. Айта кететін болсақ, зауыт бойынша электр жүктемелерін есептеу, қуаттардың есептік активті және реактивті шағынын анықтау, техникалық-экономикалық есеп, кернеуі 6 кВ электр желісін есептеу және қондырғыларын таңдау сияқты бірқатар мәселелер қарастырылған. Сонымен қатар, сызықты емес жүктеме жұмысының термиялық кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсерін талдау бойынша есептеулер көрсетілген.

Дипломдық жұмыс үш басты бөлімнен тұрады, сонымен қоса қорытынды және қолданылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

Жалпы дипломдық жұмысты орындау барысында түлектің өз ойымен жазып, есептеулерін есептеп шығарғаны байқалады.

### Жұмыс бойынша ескерту:

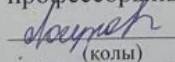
Ескерту ретінде, грамматикалық қателіктер, тыныс белгілері дұрыс қойылмай кеткендігін және қазақша аудармалары кейбір жерлерде дұрыс аударылмағандығын айтуға болады. Жалпы дипломдық жұмысы талаптарға сәйкес жазылған.

### Жұмысты бағалау

Жоғарыда айтылғандарды қорыта келе, Бейбітов Төлегеннің дипломдық жұмысы В+ «жақсы» (85 балл) бағасына, ал автор – энергетика бакалавры академиялық дәрежесін иемденуге лайық деп бағалаймын.

### Сын-пікір беруші

Ғ. Даукеева атындағы АУЭС  
Электрондық инженерия кафедрасының  
профессорының ассистенті.

 Юсупова С.А.  
(қолы)

«29» 05 2024 ж.

Қолтаңбаны растаймын Подпись заверяю	
 Қызметі	К.А. аты-жөні
«29» 05	2024 ж.





## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Бейбітов Төлеген Бауыржанұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Бейсызқты жүктеме жұмысының термиялық кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсері

**Научный руководитель:** Рахимаш Абитаева

**Коэффициент Подобия 1:** 4.2

**Коэффициент Подобия 2:** 1.8

**Микропробелы:** 3

**Знаки из здругих алфавитов:** 11

**Интервалы:** 6

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречашей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата

проверяющий эксперт

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Бейбітов Төлеген Бауыржанұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Бейсызқты жүктеме жұмысының термиялық кәсіпорындарындағы электр энергиясының сапасына әсері

**Научный руководитель:** Рахимаш Абитаева

**Коэффициент Подобия 1:** 4.2

**Коэффициент Подобия 2:** 1.8

**Микропробелы:** 3

**Знаки из здругих алфавитов:** 11

**Интервалы:** 6

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 17.06.2024

Заведующий кафедрой Энергетики  
Сарсенбаев Е.А.