

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
SATBAYEV UNIVERSITY

Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени  
А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

Каткаев Артур Эдуардович

Изучение и анализ литературы нормирования документа по  
электроснабжению отрасли

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 5В071800 – «Электроэнергетика»

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
SATBAYEVUNIVERSITY

Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени  
А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,  
PhD, ассоц. профессор



\_\_\_\_\_ Е.А.Сарсенбаев  
«\_10\_»\_06\_\_\_\_\_2021 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Изучение и анализ литературы нормирования документа по  
электрообеспечению отрасли

Специальность 5B071800 – «Электроэнергетика»

Выполнил



Каткаев А.Э.

Научный руководитель  
ассистент - профессор



\_\_\_\_\_ А.А.Жуматова  
«10» июнь 2021г.

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
SATBAYEV UNIVERSITY

Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени  
А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой,  
PhD, ассоц.профессор



Е.А.Сарсенбаев

« 27 » марта 2021 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся Каткаев Артур Эдуардович

Тема: «Изучение и анализ литературы нормирования документа по электроснабжению отрасли».

Утверждена приказом проректора университета №6 - П от «27» марта 2019г.

Срок сдачи законченной работы «12» июня 2021 г.

*Исходные данные к дипломной работе: Сведения об электрических нагрузках по цехам завода. Расстояние от ГЭС до завода 5 км.*

*Количество потребителей энергии.*

Перечень подлежащих разработке вопросов или краткое содержание дипломной работы:

- а) заполнение таблицы силовых нагрузок по цехам предприятия;*
- б) нахождение числа трансформаторов с учетом компенсация реактивной мощности на напряжении 0,4 кВ;*
- в) нахождение установленной мощности синхронных двигателей;*
- г) выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания  $u=10$  кВ.*
- д) изучение документов и литературы по электроснабжению*

Перечень графического материала: Графический материал подготовить в виде презентации

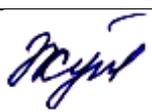
Рекомендуемая основная литература: 2 наименования

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Заполнение таблицы силовых нагрузок по цехам предприятия	24.05.2021г.	<i>Выполнено</i>
Нахождение числа трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности на напряжении 0,4 кВ	24.03.2021г.	<i>Выполнено</i>
Нахождение установленной мощности синхронных двигателей	25.05.2021г.	<i>Выполнено</i>
Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания $u=10$ кВ	25.05.2021г.	<i>Выполнено</i>

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Научный руководитель и консультанты	Дата подписания	Подпись
Аналитическая часть	Жуматова А.А., ассистент-профессор	25.05.2021г.	
Практическая часть	Жуматова А.А., ассистент-профессор	08.06.2021г.	
Нормаконтроль	Бердибеков А.О., сениор-лектор	09.06.2021г.	

Научный руководитель \_\_\_\_\_  Жуматова А.А.

Задание принял к исполнению обучающийся \_\_\_\_\_  Каткаев А.Э.

Дата « 07 » июня 2021 г.

## **АННОТАЦИЯ**

Дипломный проект выполнен на тему «Изучение и анализ литературы нормирования документа по электроснабжению отрасли».

В данном дипломном проекте произведён расчёт электроснабжения завода среднего машиностроения, а также изучены методы расчёта электроснабжения.

## **АҢДАТПА**

Дипломдық жоба «Өнеркәсіптің электрмен жабдықталуы туралы құжатты реттеу әдебиеттерін зерттеу және талдау» тақырыбында өткізілді.

Бұл дипломдық жобада орташа машинажасау зауытының электрмен жабдықтау есебі жасалды, сонымен қатар электрмен жабдықтауды есептеу әдістері зерттелді.

## **ANNOTATION**

The diploma project was carried out on the topic "Study and analysis of the literature of the regulation of the document on the power supply of the industry."

In this diploma project, the calculation of the power supply of a medium-sized machine-building plant was made, as well as the methods of calculating the power supply were studied.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
Исходные данные завода среднего машиностроения	7
Глава 1. Порядок расчета и заполнения таблицы силовых нагрузок по цехам предприятия	10
Глава 2. Нахождение числа трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности на напряжении 0,4 кВ	17
2.1 Компенсация реактивной мощности	17
Глава 3. Нахождение потерей мощностей в ЦТП	23
Глава 4. Нахождение установленной мощности синхронных двигателей	24
4.1 Определение расчетных мощностей СД	24
Глава 5. Вычисление компенсации мощности реактивной на шинах 10 кВ РП	26
Глава 6. Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания $U=10$ кВ	31
6.1 Выбор выключателей	33
6.2 Выбор трансформаторов тока	35
6.3 Трансформаторы тока ввода	36
6.4 Выбор трансформаторов напряжения	40
Глава 7. Изучение и анализ литературы нормирования документа по электроснабжению отрасли	42
7.1 Строительные нормы и правила (СНиП)	42
7.2 ГОСТы	43
7.3 Правила устройства электроустановок (ПУЭ)	44
Заключение	47
Список использованной литературы	48

## ВВЕДЕНИЕ

Электрическое оборудование не следует обзирать в отдельности от конструктивных спецификации того или иного предприятия, следовательно специалисты в сфере электрооборудования промышленных предприятий обязаны основательно знать как электрическую часть, так и с положениями технологических процессов, а значит соответственно и используемые в них оборудованием.

Поэтому, на сегодняшний день, в технологических методах и оборудований промышленных цехов большое значение имеет электрические оборудования, а именно структуры аппаратов, электрических машин, приборов и устройств, путем которых преобразуется электрическая энергия в иные виды энергии и автоматизируется технологические процессы.

Электрооборудование и установки в промышленных предприятиях конструируется, устанавливается и применяется в согласно с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и остальными ГОСТами.

Бесперебойные функции, а также комплексность синхронных электрических установок, рассчитанный для производства, которые передают и распределяют электроэнергию потребителю называется электроснабжением.

Задачи электроснабжения:

- 1) Надежность – она в прямой зависимости от правильного расчетов потребления электроэнергии предприятия, а также правильности подбора схем и защиты электрооборудования.
- 2) Качество – предоставляет нормировку колебаний напряжения и частоты.
- 3) Экономичность – это затрата электрической энергии с исправно работающим оборудованием, то есть с наивысшей эффективностью, при минимальных расходах.

Задачи электроснабжения не следует реализовывать, если все соответствующие меры по ОТ не согласованы, так как не приверженность регламенту является следствием и причиной к чрезвычайным происшествиям, повреждениям, ранениям, а также иногда даже к смертям. Оплошность в расчетах электроснабжения скорее всего вовлечет за собой к злокачественным влияниям на экологическую ситуацию вокруг предприятия.

## Исходные данные завода среднего машиностроения

Исходные данные на проектирование:

- 1) Схема генерального завода (см. рисунок 1).
- 2) Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
- 3) Расстояние от ГЭС до завода 5 км.

Таблица 1 – Электрические нагрузки

№ п/п	Наименование	Кол- во ЭП, п	Установленная мощность	
			Одного ЭП, $P_n$	$\Sigma P_n$
1	Цех металлопокрытий	75	5-100	1800
2	Механосборочный цех	150	2-70	1400
3	Литейный цех:			
	а) 0,4кВ;	100	20-120	2800
	б) ДСП 12 т	2	по каталогу	
4	Котельная	30	5-60	850
5	Кузнечный цех	85	10-100	2500
6	Прессовый цех	42	17-250	1650
7	Компрессорная			
	а) 0,4 кВ;	10	10-50	200
	б) СД 10 кВ	2	800	1600
8	Механический цех	40	1-40	830
9	Термический	150	1-150	2100
10	Заготовительно-сварочный цех	90	1-50	850
11	Склад	20	1-15	200
12	Заводоуправление, столовая	35	2-40	350
13	Транспортный цех	20	1-20	170

Освещение цехов определить по площади.

Таблица 2 – Коэффициенты цехов

№ По плану	Наименование	$K_{и}$	$\text{Cos}\varphi$
1	Цех металлопокрытий	0,6	0,8
2	Механосборочный цех	0,3	0,75
3	Литейный цех:		
	а) 0,4 кВ;	0,65	0,7
	б) ДСП 12 т	0,7	0,8
4	Котельная	0,6	0,8
5	Кузнечный цех	0,5	0,75
6	Прессовый цех	0,5	0,75
7	Компрессорная:		
	а) 0,4 кВ;	0,6	0,7
	б) СД 10 кВ	0,7	0,8
8	Механический цех	0,7	0,8
9	Термический	0,8	0,7
10	Заготовительно-сварочный цех	0,7	0,65
11	Склад	0,3	0,8
12	Заводуправление, столовая	0,7	0,8
13	Транспортный цех	0,3	0,7

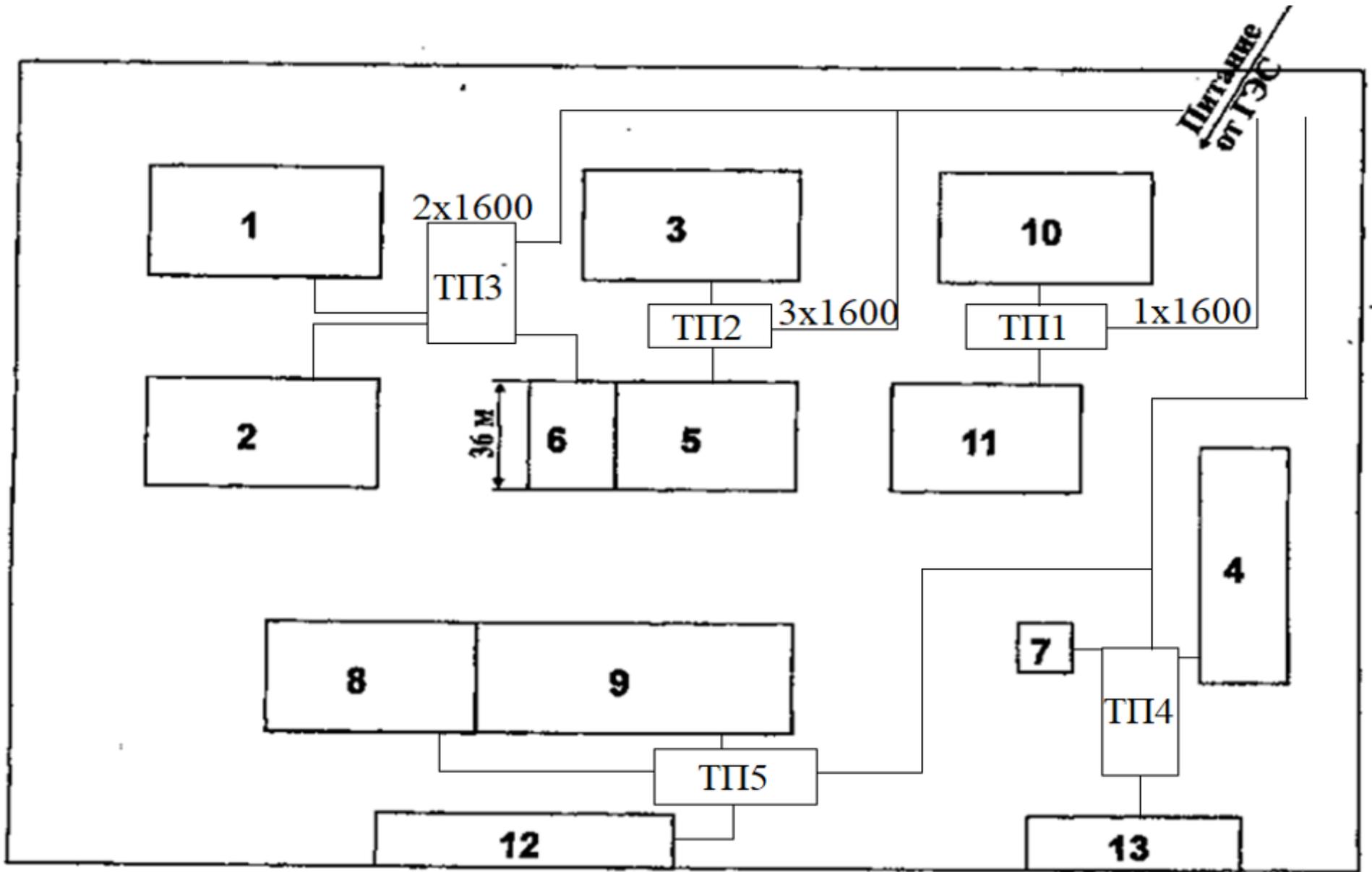


Рисунок 1 – Генплан предприятия

## Глава 1. Порядок расчета и заполнения таблицы силовых нагрузок по цехам предприятия

- 1) В графе 1 проставляю номера технологического оборудования согласно плану цеха.
- 2) В графу 2 записываю наименование цеха
- 3) В графе 3 записываю количество рабочих электроприемников.
- 4) В графу 4 по каждой характерной группе электроприемников записываю: при одинаковой мощности электроприемников – номинальная установленная мощность в киловаттах одного электроприемника, при электроприемниках различной мощности – номинальная мощность наименьшего и через тире наибольшего по мощности электроприемника в группе.
- 5) В графу 5 записываю суммарную установленную мощность электроприемников цеха данной характерной группы, приведенная к ПВ=100%, в киловаттах:

- для электроприемников, паспортная мощность которых выражена в кВт с ПВ <sup>1</sup> 100%:

$$P_H = P_{\text{пасп.}} \sqrt{\text{ПВ}} \quad (1)$$

- для электроприемников, паспортная мощность которых выражена в кВА с ПВ <sup>1</sup> 100%:

$$P_H = S_{\text{пасп.}} \sqrt{\text{ПВ}} \cos \varphi_H \quad (2)$$

где ПВ – номинальная паспортная продолжительность включения, %;

- для электроприемников, паспортная мощность которых выражена в кВА:

$$P_H = S_{\text{пасп.}} \cos \varphi_H \quad (3)$$

- 6) Графа 6 заполняю только в итоговой строке и используется для определения способа нахождения эффективного числа электроприемников  $n_e$ . Число  $t$  определяют по формуле:

$$m = \frac{P_{н.мин.}}{P_{н.макс}} \quad (4)$$

где  $P_{н.макс.}$ ,  $P_{н.мин.}$  – номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников в группе А.

Точное значение числа  $m$  не требуется, достаточно определить  $m > 3$  или  $m \leq 3$ .

7) Графа 7 – значение коэффициента использования.

8) В графе 8 в числителе записываю значение коэффициента мощности  $\cos\varphi$  для данной характерной подгруппы, а в знаменателе – соответствующий  $\operatorname{tg}\varphi$ .

9) В графе 9 подсчитывают среднюю активную нагрузку за наиболее загруженную смену для каждой характерной подгруппы электроприемников по формуле:

$$P_n = k_{и.} \cdot \Sigma P_n \quad (5)$$

10) В графе 10 подсчитываю среднюю реактивную нагрузку за наиболее загруженную смену для каждой характерной группы электроприемников по формуле:

$$P_n = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (6)$$

11) Далее необходимо подсчитать эффективное число электроприемников  $n_э$ , для данного расчетного узла питания – графа 11

Метод рекомендует следующие упрощенные способы определения  $n_э$ :  
– при  $m \leq 3$  эффективное число электроприемников принимают равным их фактическому числу  $n$ :  $n_э = n$ ;

– при  $m > 3$  и групповом коэффициенте  $k_{и.} > 0,2$  эффективное число электроприемников определяют по формуле:

$$n_э = \frac{\Sigma_1^n P_n}{P_{н.макс}} \quad (7)$$

В тех случаях, когда найденное по этой формуле  $n_э$  оказывается большим, чем фактическое число электроприемников  $n$  (графа 3), то следует принять  $n_э = n$ :

– при  $m > 3$  и групповом коэффициенте  $k_u < 0,2$  эффективное число электроприемников определяется в следующей последовательности:

а) выявляется наибольший по мощности электроприемник данного узла питания;

б) в графе 11 определяю искомое значение эффективного числа электроприемников, которое равно:

$$n_{\text{э}} = n_{\text{э}*} \cdot n \quad (8)$$

13) Графа 12 – коэффициент максимума  $k_m$  определяется по таблицам в зависимости от эффективного числа электроприемников  $n_{\text{э}}$  и средневзвешенного  $k_u$ .

14) Графа 13 – максимальная активная получасовая нагрузка от силовых электроприемников узла:

$$P_m = k_m \cdot \Sigma P_{\text{см}} \quad (9)$$

При фактическом числе электроприемников в группе  $n \leq 3$  активная мощность  $P_m = \Sigma P_n$ , реактивная мощность  $Q_m = 0,75 \times SP_n$  – для ЭП длительного режима ( $\cos\varphi = 0,8$ ),  $Q_m = 0,87 \times SP_n$  – для ЭП повторно-кратковременного режима ( $\cos\varphi = 0,75$ ).

16) Осветительную нагрузку находим 10% от расчетных  $P_p$  и  $Q_p$ .

17) Графа 14 – максимальная реактивная получасовая нагрузка от силовых электроприемников узла принимают равной:

$$\begin{aligned} - \text{при } n_{\text{э}} \leq 10, & \quad Q_m = 1,1 \cdot \Sigma P_n \\ - \text{при } n_{\text{э}} > 10, & \quad Q_m = \Sigma Q_{\text{см}} \end{aligned} \quad (10)$$

18) Графа 15 – максимальная полная нагрузка расчетного узла питания определяется по формуле

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} \quad (11)$$

19) Графа 16 – расчетный максимальный ток определяется по формуле для трехфазного тока

$$I_p = \frac{S_m}{\sqrt{3} U_n} \quad (12)$$

**Таблица 3– Расчет силовых нагрузок по цехам предприятия**

№ цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		m	К и	cosφ/ tgφ	Средние мощности		n <sub>э</sub>	Км	Максимальная расчетная нагрузка			I <sub>p</sub> , кА
			Одног о ЭП	Сумма рная				Р <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> . квар			Р <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , квар	S <sub>p</sub> , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Цех металлопокрытий	75	5-100	1800	>3	0,6	0,8/0,75	1080	810	36	1,12	1209,6	810		
	Осветительная											120,96	81		
	Итого											1330,6	891	1601,4	2,44
2	Механосборочный цех	150	2-70	1400	>3	0,3	0,75/0,88	420	369,6	40	1,19	499,8	369,6		
	Осветительная											49,98	36,96		
	Итого											549,78	406,56	683,8	1,04

Продолжение таблицы 3

3	Литейный цех: а) 0,4 кВ;	100	20-120	2800	>3	0,65	0,7/1, 02	1820	1854,4	47	1,08	1965,6	1856,4		
	Осветительная											196,56	185,64		
	б) ДСП 12 т	2													
	Осветительная														
	Итого											2162,2	2169,09	3205,9	4,88
4	Котельная	30	5-60	850	>3	0,6	0,8/0, 75	510	382,5	29	1,13	576,3	382,5		
	Осветительная											57,63	38,25		
	Итого											633,93	420,75	760,9	1,16
5	Кузнечный цех	85	10-100	2500	>3	0,5	0,75/ 0,88	1250	1100	50	1,11	1387,5	1100		
	Осветительная											138,75	110		
	Итого											1526,3	1210	1947,7	2,96
6	Прессовый цех	42	17-250	1650	>3	0,5	0,75/ 0,88	825	726	14	1,25	1031,3	726		
	Осветительная											103,13	72,6		
	Итого											1031	798,6	1304,1	1,98
7	Компрессорная: а) 0,4 кВ;	10	10-50	200	>3	0,6	0,7/1, 02	120	122,4	8	1,3	156	134,6		

**Продолжение таблицы 3**

	Осветительная											15,6	13,46		
	б) СД 10 кВ	2													
	Осветительная														
	Итого											171,6	148,06	226,7	0,9
8	Механический цех	40	1-40	830	>3	0,7	0,8/0,75	581	435,8	40	1,09	633,3	435,8		
	Осветительная											63,33	43,58		
	Итого											696,63	479,38	845,6	1,29
9	Термический	150	1-150	2100	>3	0,8	0,7/1,02	1680	1713,6	28	1,05	1764	1713,6		
	Осветительная											176,4	171,36		
	Итого											1940,4	1884,96	2705,2	4,1
10	Заготовительно-сварочный цех	90	1-50	850	>3	0,7	0,65/1,17	595	696,2	34	1,09	926,5	696,5		
	Осветительная											92,65	69,65		
	Итого											1019,2	766,15	1275	1,9

**Продолжение таблицы 3**

11	Склад	20	1-15	200	>3	0,3	0,8/0,75	60	45	20	1,24	74,4	45		
	Осветительная											7,44	4,5		
	Итого											81,84	49,5	95,6	0,14
12	Заводоуправление, столовая	35	2-40	350	>3	0,7	0,8/0,75	245	183,8	18	1,11	272	183,8		
	Осветительная											27,2	18,38		
	Итого											299,2	202,18	361,1	0,55
13	Транспортный цех	20	1-20	170	>3	0,3	0,7/1,02	119	121,4	17	1,37	163	121,4		
	Осветительная											16,3	12,14		
	Итого											179,3	133,54	223,6	0,34
	Итого на шинах 0,4 кВ											11529,5	10755,47	17120,9	25,88

## Глава 2. Нахождение числа трансформаторов с учетом компенсация реактивной мощности на напряжении 0,4кв

Исходные данные расчета:

$$P_{p0,4} = 11529,5 \text{ кВт}; Q_{p0,4} = 10755,47 \text{ квар}; S_{p0,4} = 17120,9 \text{ кВА}$$

Наша фабрика подходит ко II категории потребителей, то нужно выбрать коэффициент загрузки трансформатора  $K_{зТР} = 0,8$ .

Потому что полная расчетная мощность  $S_p > 13000$ , то берем за мощность номинальную трансформатора  $S_{НТР} = 1600 \text{ кВА}$ .

$$N_{\min \text{ тр}} = \frac{P_{p0,4}}{S_{н.тр} \cdot K_3} + \Delta N \quad (13)$$

где  $P_{p0,4} = 11529,5 \text{ кВт}$ ;  
 $K_3 = 0,8$ ;

Принимаем  $S_{н.тр} = 2500 \text{ кВА}$   
 $\Delta N$  – добавка до ближайшего большего числа.

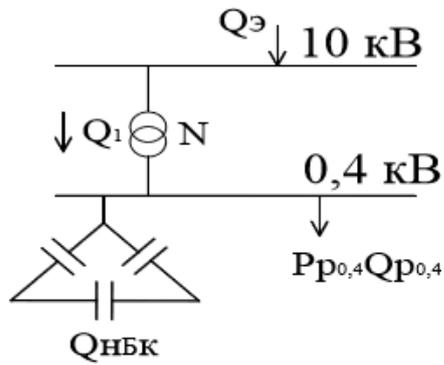
$$N_{\min \text{ тр}} = \frac{11529,5}{1600 \cdot 0,8} + 0,9 = 10$$

По зонам определим дополнительное число трансформаторов  $m = 0$ , отсюда:

$$N_{\text{тр.эк}} = N_{\min \text{ тр}} + m = 9 + 0 = 9 \quad (14)$$

### 2.1 Компенсация реактивной мощности

Составим расчетную схему рисунок 2



**Рисунок 2 – Расчетная схема**

Определим наибольшую реактивную мощность:

$$Q_T = \sqrt{(N_{тр.эк} \cdot S_{н.тр} \cdot K_3)^2 - P_{p0,4}^2} \quad (15)$$

$$Q_T = \sqrt{(10 \cdot 1600 \cdot 0,8)^2 - 11529,5^2} = 3327,3 \text{ квар}$$

Отсюда мощность НБК равна:

$$Q_{НБК1} = Q_{P0,4} - Q_T \quad (16)$$

$$Q_{НБК1} = 10755,4 - 3327,3 = 7428,1 \text{ квар.}$$

Определим дополнительную мощность НБК по условию потерь:

$$Q_{НБК2} = Q_{P0,4} - Q_{НБК1} - \gamma \cdot S_{н.тр} \cdot N_{тр.эк} \quad (17)$$

Определим расчетный коэффициент  $\gamma = f(K_1; K_2)$ ,

где  $K_1 = 16$  – удельный коэффициент потерь для энергосистемы Казахстана с числом рабочих смен равным 3.

$K_2 = 2$  – коэффициент при длине питающей линии  $l=0,5 \div 1$  км для трансформатора с  $S_{н.тр} = 1600$  кВА.

Отсюда по кривым определим:  $\gamma = 0,85$ .

Тогда:

$$Q_{НБК2} = 10755,4 - 7428,1 - 0,85 \cdot 2600 \cdot 10 = - 13922,7 \text{ квар}$$

Если  $Q_{НБК2} < 0$ , то принимаем  $Q_{НБК2} = 0$ , тогда:

$$Q_{\text{НБК}\Sigma} = Q_{\text{НБК1}} + Q_{\text{НБК2}}. \quad (18)$$

$$Q_{\text{НБК}\Sigma} = 7428,1 + 0 = 7428,1 \text{ квар}$$

Определи мощность  $Q_{\text{НБК}}$  на один трансформатор:

$$Q_{\text{НБК}} = 7428,1 / 10 = 742,81 \text{ квар}. \quad (19)$$

Выбираю УК-6/10-675ЛУЗ с номинальной мощностью 675 квар

Находим  $K_3$  по формуле:

$$K_3 = \frac{S_{\text{факт}}}{S_{\text{ном}}} \quad (20)$$

**Таблица 4 - Разделение нагрузок низковольтных по цеховым ТП**

№ ТП SHOM ТП ОНБК ТП	№ цехов	PP 0,4 , кВт	QP0,4 , квар	SP0,4 , кВА	Кз
1	2	3	4	5	6
ТП 2 (3X1600) $\sum S_H = 3 \cdot 1600 = 4800$ кВА $Q_{\text{ОНБК}} = 3 \cdot 675 = 2025$ квар	3	2360,8	2169,09		
	5	1526,3	1210		
			3379,09 -2025		
Всего		3887,1	1353,09	4115,9	0,86
ТП 1(1X1600) ТП 5 (2X1600) $\sum S_H = 3 \cdot 1600 = 4800$ кВА $Q_{\text{ОНБК}} = 3 \cdot 675 = 2025$ квар	10	1019,2	766,15		
	11	81,84	49,5		
	8	696,63	479,38		
	9	1940,4	1884,96		
	12	299,2	202,18		
		4037,3	3382,17- 2025		
Всего		4037,3	1357,2	4259,3	0,88
ТП 3 (2X1600) ТП 4 (2X1600) $\sum S_H = 4 \cdot 1600 = 6400$ кВА $Q_{\text{ОНБК}} = 4 \cdot 675 = 2700$ квар	1	1330,6	891		
	2	689,7	639,5		
	6	1031	798,6		
	4	633,93	420,75		
	7	1760,9	1164,46		
	13	179,3	133,54		
			4047,85 - 2700		
Всего		5626,43	1347,85	5785,6	0,9

Распределим  $Q_{p \text{ ОНБК}}$  пропорционально реактивной нагрузке ТП.  
Исходные данные:  $Q_{p 0,4} = 10755,47$  квар  $Q_{\text{ОНБК}} = 7428,1$  квар.

**ТП2:**

$$Q_{p \text{ ТП2}} = 1353,09 \text{ квар,}$$

$$Q_{p \text{ ОНБК ТП2}} = \frac{Q_{\text{ОНБК}} \cdot Q_{p \text{ ТП2}}}{Q_{p 0,4}} \quad (21)$$

$$Q_{p \text{ НБК ТП2}} = \frac{7428,1 * 1353,09}{10755,47} = 934,5 \text{ квар.}$$

то действительная мощность реактивная:

$$Q_{\text{ФАКТ.}} = 2025 \text{ квар,}$$

а мощность некомпенсированная будет равной:

$$Q_{\text{НЕСК.}} = Q_{p \text{ ТП2}} - Q_{\text{ФАКТ.}}$$

$$Q_{\text{НЕСК.}} = 1353,09 - 2700 = -1346,9 \text{ квар.}$$

### ТП1, ТП5:

$$Q_{p \text{ ТП1,5}} = 1357,2 \text{ квар,}$$

$$Q_{p \text{ НБК ТП2}} = \frac{Q_{\text{НБК}} * Q_{p \text{ ТП1,5}}}{Q_{p0,4}} \quad (22)$$

$$Q_{p \text{ НБК ТП1,5}} = \frac{7428,1 * 1357,2}{10755,47} = 937,3 \text{ квар.}$$

то действительная мощность реактивная:

$$Q_{\text{ФАКТ}} = 2025 \text{ квар,}$$

а мощность некомпенсированная будет равной:

$$Q_{\text{НЕСК.}} = Q_{p \text{ ТП1,5}} - Q_{\text{ФАКТ.}} = 937,3 - 2025 = -1087,7 \text{ квар.}$$

### ТП3, ТП4:

$$Q_{p \text{ ТП3,4}} = 1347,85 \text{ квар,}$$

$$Q_{p \text{ НБК ТП2}} = \frac{Q_{\text{НБК}} * Q_{p \text{ ТП3,4}}}{Q_{p0,4}} \quad (23)$$

$$Q_{p \text{ НБК ТП1,5}} = \frac{7428,1 * 1347,85}{10755,47} = 930,9 \text{ квар.}$$

то действительная мощность реактивная:

$$Q_{\text{ФАКТ}} = 2700 \text{ квар,}$$

а мощность некомпенсированная будет равной:

$$Q_{\text{НЕСК.}} = Q_{p \text{ ТП1,2}} - Q_{\text{ФАКТ.}} = 930,9 - 2700 = -1769,1 \text{ квар.}$$

**Таблица 5 - Уточненный расчет Q НБК по ТП пропорционально мощности**

№ТП	Q <sub>р</sub> ТП	Q <sub>р</sub> НБК ТП	Q <sub>факт.</sub> НБК ТП	Q <sub>нескомп.</sub>
ТП2	1353,09	934,5	2025	-1346,9
ТП1, ТП5	1357,2	937,3	2025	-1087,7
ТП3, ТП4	1347,85	930,9	2700	-1769,1

### Глава 3. Нахождение потерей мощностей в ЦТП

Подбираем трансформаторы ТМЗ – 1600 – 10/0,4 с параметрами:  
 $S_H = 1600$  кВА,  $I_{XX} = 1,0$  %,  $U_{K3} = 6,0$  %,  $U_B = 10$  кВ,  $U_H = 0,4$  кВ,  $\Delta P_{XX} = 2,65$  кВт,  $\Delta P_{K3} = 16,5$  кВт.

**ТП2:  $K_3 = 0,86$ ;  $N = 3$ .**

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3 \quad (24)$$

$$\Delta P_T = 2,65 + 16,5 \cdot 0,86^2 = 14,85 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = \frac{I_{XX}}{100} S_H + \frac{U_{K3}}{100} S_H K_3^2 \quad (25)$$

$$\Delta Q_T = \frac{1}{100} 1600 + \frac{6}{100} 1600 \cdot 0,86^2 = 87 \text{ квар}$$

**ТП3, ТП4:  $K_3 = 0,88$ ;  $N = 3$ .**

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3$$

$$\Delta P_T = 2,65 + 16,5 \cdot 0,88^2 = 15,4 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = \frac{I_{XX}}{100} S_H + \frac{U_{K3}}{100} S_H K_3^2$$

$$\Delta Q_T = \frac{1}{100} 1600 + \frac{6}{100} 1600 \cdot 0,88^2 = 90,3 \text{ квар}$$

**ТП1, ТП5:  $K_3 = 0,9$ ;  $N = 4$ .**

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3 \quad (26)$$

$$\Delta P_T = 2,65 + 16,5 \cdot 0,9^2 = 16 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = \frac{I_{XX}}{100} S_H + \frac{U_{K3}}{100} S_H K_3^2 \quad (27)$$

$$\Delta Q_T = \frac{1}{100} 1600 + \frac{6}{100} 1600 \cdot 0,9^2 = 93,8 \text{ квар}$$

$$\sum \Delta P_T = 14,85 + 15,4 + 16 = 46,3 \text{ кВт}$$

$$\sum \Delta Q_T = 87 + 90,3 + 93,8 = 271,1 \text{ квар}$$

## Глава 4. Нахождение установленной мощности синхронных двигателей.

Используем СД для компенсации мощности реактивной на стороне ВН.

СД1 с параметрами

$P_{НСД} = 10 \text{ кВт}$ ;  $\cos\varphi = 0,85$ ;  $N_{СД} = 2$ ;  $K_3 = \beta = 0,85$ ;  $K_{И} = 0,75$ ;  $\text{tg}\varphi = 0,88$ ;

Найдем установленные мощности для СД1:

$$P_{РСД} = P_{НСД} \cdot N_{СД} \cdot K_3 \quad (28)$$

$$P_{РСД} = 10 \cdot 2 \cdot 0,85 = 17 \text{ кВт},$$

$$P_{РСД} = \frac{P_{СД}}{N} \quad (29)$$

$$P_{РСД} = \frac{17}{2} = 8,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{РСД} = P_{РСД} \cdot \text{tg}\varphi \quad (30)$$

$$Q_{РСД} = 17 \cdot 0,88 = 15 \text{ квар},$$

$$Q_{РСД} = \frac{Q_{СД}}{N} \quad (31)$$

$$Q_{РСД} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ квар}$$

### 4.1 Определение расчетных мощностей ДСП

Для электродуговой печи выбираем трансформатор ЭТЦПК-6300/10, с параметрами:  $S_n = 2,4 \text{ МВА}$ ,  $\cos\varphi = 0,86$ ,  $K_3 = 0,7$ ,  $U_{ВН} = 6 \text{ кВ}$ ,  $U_{НН} = 220 \text{ В}$ .

Определим расчетные активные и реактивные мощности для ДСП:

$$P_{рдсп} = S_{ндсп} \cdot N_{дсп} \cdot \cos\varphi \cdot K_3 \quad (32)$$

$$P_{рдсп} = 2,4 \cdot 2 \cdot 0,86 \cdot 0,7 = 2,9 \text{ МВ}$$

$$Q_{рдсп} = P_{рдсп} \cdot \text{tg}\varphi \quad (33)$$

$$Q_{рдсп} = 2,9 \cdot 0,6 = 1,74 \text{ Мвар}$$

**Определим потери в трансформаторах ДСП:**

$$\Delta P_{\text{трДСП}} = 0,02 S_{\text{нДСП}} \quad (34)$$

$$\Delta P_{\text{трДСП}} = 0,02 \cdot 2400 = 48 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{нДСП}} = 0,1 S_{\text{нДСП}} \quad (35)$$

$$\Delta Q_{\text{нДСП}} = 0,1 \cdot 2400 = 240 \text{ квар}$$

Для компенсации реактивной мощности выбираем две конденсаторные установки типа КУ-6,3-1000УЗ

$Q_{\text{н}} = 1000 \text{ квар}$   $n=2$ ,  $\sum Q_{\text{н}} = 2000 \text{ квар}$

## Глава 5. Вычисление компенсации мощности реактивной на шинах 10 кВ РП.

Сделаем схему замещения, показанную на рисунке 3:

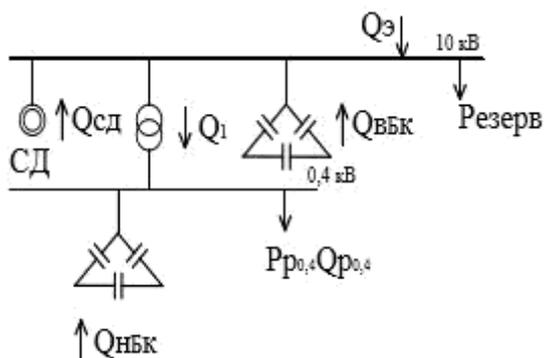


Рисунок 3 – Схема замещения

Напишем баланс мощности реактивной для шин 10 кВ ГПП

$$\sum Q = 0; \sum Q_{\text{потр}} = \sum Q_{\text{ист}},$$

$$Q_{p0,4} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} + Q_{\text{э}} - Q_{\text{НБК}} - Q_{\text{СД}} - Q_{\text{ВБК}} = 0,$$

$$\sum Q_{\text{P}} = Q_{p0,4} + \Delta Q_{\text{тр}} = 10755,47 + 271,1 = 11\,026,6 \text{ квар.} \quad (36)$$

Мощность резервная

$$Q_{\text{рез}} = 0,15 \cdot \sum Q_{\text{P}} = 0,15 \cdot 11\,026,6 = 1654 \text{ квар.} \quad (37)$$

Мощность, прибывающая от энергосистемы:

$$Q_{\text{э}} = \text{tg } \varphi_{\text{э}} \cdot \sum P_{\text{зав}} = (0,23 - 0,25) \cdot \sum P_{\text{зав}}, \quad (38)$$

$$\sum P_{\text{зав}} = P_{p0,4} + \Delta P_{\text{тр}} + P_{\text{СД}} \quad (39)$$

$$\sum P_{\text{зав}} = 11529,5 + 46,3 + 8,5 = 11584,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{э}} = 0,23 \cdot 11584,3 = 2664,4 \text{ квар.}$$

Нагрузку ВБК найдем из условия баланса мощности реактивной:

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_{p0,4} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - Q_{\text{э}} - Q_{\text{НБК}} - Q_{\text{СД}}, \quad (40)$$

$$Q_{\text{ВБК}} = 10755,47 + 271,1 + 1654 - 2664,4 - 7428,1 - 15 = 2573,07 \text{ квар.}$$

Исходя из значения  $Q_{\text{ВБК}}$  мы должны установить компенсирующие устройства. **Выберем 4 конденсаторные батареи УКРМ 0.4-500-50УЗ**

Полные расчеты электрических нагрузок по заводу приведены в таблице 6.

**Таблица 6 - Точный расчет нагрузки по заводу**

№ ТП $\Sigma S_{н тр}$ $Q_{НБК}$	№ цехо в	п	Номинальная МОЩНОСТЬ		$K_{и}$	Средние нагрузки		$n_3$	$K_M$	Расчетная мощность			$K_3$
			$P_{НМІN}$ $P_{НМАХ}$	$\Sigma P_H$		$P_{см,}$ 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
ТП 2 (4800)	3	100	20-120	2800	0,3	420	369,6	40	1,19				
	5	85	10-100	2500	0,5	1250	1100	50	1,11				
Силовая		185	10-120	5300	0,3	1670	1469,6	90	1,15	1920,5	1469,6		
Осветительная										192,05	146,96		
$Q_{НБК}$											-2025		
Итого										4274	-408,5	4293,5	
ТП 1,5 (4800)	10	90	1-50	850	0,7	595	696,2	34	1,09				
	11	20	1-15	200	0,3	60	45	20	1,24				

	12	35	2-40	350	0,7	245	183,8	18	1,11				
	8	40	1-40	830	0,7	581	435,8	40	1,09				
	9	150	1-150	2100	0,8	1680	1713,6	28	1,05				
Силовая		335	1-150	4330	0,64	3161	3074,4	140	1,2	3793,2	3074,4		
Осветительная										379,32	307,44		
Q <sub>нБК</sub>											-2025		
Итого										3712,7	1356,84	3952,9	
ТП 3,4 (6400)	1	75	5-100	1800	0,6	1080	810	36	1,12				
	2	150	2-70	1400	0,3	420	369,6	40	1,19				
	4	30	5-60	850	0,6	510	382,5	29	1,13				
	6	42	17-250	1650	0,5	825	726	14	1,25				
	7	10	10-50	200	0,6	120	12,4	8	1,09				
	13	20	1-20	170	0,7	119	121,4	17	1,37				

Силовая		327	1-250	6070	0,55	3074	2421,9	144	1,19	3658,06	2421,9		
Осветительная										365,806	242,19		
Освещ. терр.										30	30		
Q <sub>нБК</sub>											-2700		
Итого										4053,9	690,7	4124	
Итого 0,4 кВ										12040,6	6444,7		
Σ ΔP <sub>T</sub> , ΣΔ Q <sub>T</sub>										46,3	271,1		
Всего нагрузка 0,4кВ, доведенная к шинам 10 кВ										12086,9	6715,8		
Литейный цех	3(б)	2								2900	-1740		
Компрессорная	7(б)	2	800	1600	0,7					17	-15		
Итого по заводу										15002	4961	15801	

## Глава 6. Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания $U = 10 \text{ кВ}$

Расчет суммарного тока КЗ

Для выбора оборудования произведем расчет токов КЗ на шинах ГПП завода и составим схему замещения (рисунок 8).

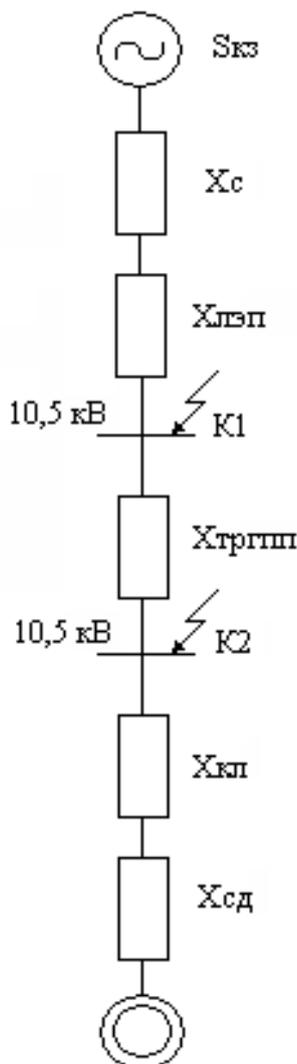


Рисунок 8 - Схема замещения

Расчёт токов КЗ проведём в относительных единицах. В качестве базисных величин принимаем мощность  $S_{б} = 1000 \text{ МВА}$ ;  $S_{КЗ} = 880 \text{ МВА}$  и напряжение  $U_{б} = 10,5 \text{ кВ}$ , тогда базисный ток будет:

$$I_{б} = \frac{S_{б}}{\sqrt{3} \times U_{Н}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 55 \text{ кА};$$
$$I_{б} = \frac{S_{б}}{S_{КЗ}} = \frac{1000}{880} = 1,14 \text{ о. е.}$$

$$X_{ЛЭП115} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{CP}^2} = 0,34 \cdot 5,5 \cdot \frac{1000 \cdot 10^6}{(115 \cdot 10^3)^2} = 0,14 \text{ о.е.}$$

$$X_{ТРГШ} = \frac{U_R}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_H} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{10} = 10,5 \text{ о.е.}$$

$$I_{K-2} = \frac{I_B}{X_C + X_{ЛЭП} + X_{ТРГШ}} = \frac{55}{1,14 + 0,14 + 10,5} = 4,67 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial K-2} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{K-2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 4,67 = 11,89 \text{ кА}$$

$$S_{K3} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{K-2} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 4,67 = 84,9 \text{ МВА}$$

В компрессорной установлено десять синхронных двигателей со следующими характеристиками:

$$P_H = 630 \text{ кВт}; U_H = 10 \text{ кВ}; \eta = 94\%; X''_d = 0,2$$

$$S_{нсд} = \frac{P_{нсд}}{\cos \varphi} = \frac{630}{0,9} = 700 \text{ кВА} \quad (57)$$

$$X_{сд} = X''_d \cdot \frac{S_{\sigma}}{\sum S_{нсд}} = 0,2 \cdot \frac{1000}{1,4} = 142,8 \text{ о.е.} \quad (58)$$

## 6.1 Выбор выключателей

Выбираем вводные выключатели:

Полная мощность:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{сд})^2 + (Q_p + Q_{сд})^2} = 12399,8 \text{ кВА}$$

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{1,4 S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1,4 \cdot 10000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 771 \text{ А}$$

Принимаем выключатель ВМПЭ-10-1000-20УЗ.

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные данные	Расчётные данные
$U_H = 10,5 \text{ кВ}$	$U_P = 10,5 \text{ кВ}$
$I_H = 1000 \text{ А}$	$I_P = 771 \text{ А}$
$I_{откл} = 20 \text{ кА}$	$I_{кз} = 5,07 \text{ кА}$
$I_{пред\ скв} = 52 \text{ кА}$	$I_Y = 12,9 \text{ кА}$
$I_t^2 \cdot t_T = 20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = (5,07)^2 \cdot 0,12 = 3,08 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Привод встроенный электромагнитный	

Выбор секционного выключателя

Через секционный выключатель проходит половина мощности, проходящей через вводные выключатели. Следовательно, расчетный ток, проходящий через выключатель:

$$I_P = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 550 \text{ А}$$

Принимаем выключатель ВМПЭ-10-630-20УЗ

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 10,5 \text{ кВ}$	$U = 10,5 \text{ кВ}$
$I_H = 630 \text{ А}$	$I_P = 550 \text{ А}$
$I_{откл} = 20 \text{ кА}$	$I_{кз} = 5,07 \text{ кА}$
$I_{пред\ скв} = 52 \text{ кА}$	$I_Y = 12,4 \text{ кА}$
$I_t^2 \cdot t_T = 20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = (5,07)^2 \cdot 0,12 = 3,08 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Привод встроенный электромагнитный	

Выбор выключателей отходящих линий:

Магистраль ГПП-ТП2:

Расчетная мощность ТП2

$$S_p = \sqrt{(P_{РТП2} + \Delta P_{ТР})^2 + (Q_{РТП2} + \Delta Q_{ТР})^2},$$

$$S_p = \sqrt{(4274 + 14,85)^2 + (408,5 + 87)^2} = 18639,8 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток ТП1, ТП2:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{18639,8}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 513 \text{ А}$$

Принимаем выключатель ВМПЭ-10-630-20УЗ

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 10,5 \text{ кВ}$	$U = 10,5 \text{ кВ}$
$I_H = 630 \text{ А}$	$I_p = 513 \text{ А}$
$I_{откл} = 20 \text{ кА}$	$I_{кз} = 5,07 \text{ кА}$
$I_{пред скв} = 52 \text{ кА}$	$I_Y = 12,4 \text{ кА}$
$I_t^2 \cdot t_T = 20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = (5,07)^2 \cdot 0,12 = 3,08 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Привод встроенный электромагнитный	

Магистраль ГПП-ТП3-ТП4:

Расчетная мощность ТП3, ТП4:

$$S_p = \sqrt{(P_{PTП3,4} + \Delta P_{TP})^2 + (Q_{PTП3,4} + \Delta Q_{TP})^2},$$

$$S_p = \sqrt{(4053,9 + 15,4)^2 + (1356,84 + 90,3)^2} = 4318,96 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток ТП3, ТП4:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{4318,96}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 118 \text{ А}$$

Принимаем выключатель ВММ-10А-400-10У2

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные данные	Расчётные данные
$U_H = 10,5 \text{ кВ}$	$U_p = 10,5 \text{ кВ}$
$I_H = 400 \text{ А}$	$I_p = 118 \text{ А}$
$I_{отк} = 10 \text{ кА}$	$I_{кз} = 5,07 \text{ кА}$
$I_{СКВ} = 25,5 \text{ кА}$	$I_Y = 12,9 \text{ кА}$
$I_t^2 \cdot t_T = 10^2 \cdot 4 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = (5,07)^2 \cdot 0,12 = 3,08 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Магистраль ГПП-ТП1-ТП5:

Расчетная мощность ТП3, ТП4:

$$S_p = \sqrt{(P_{PTП1,5} + \Delta P_{TP})^2 + (Q_{PTП1,5} + \Delta Q_{TP})^2},$$

$$S_p = \sqrt{(3712,7 + 16)^2 + (690,7 + 93,8)^2} = 3810,3 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток ТПЗ, ТП4:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{3810,3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 104 \text{ A}$$

Принимаем выключатель ВММ-10А-400-10У2

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные данные	Расчётные данные
$U_H = 10,5 \text{ кВ}$ $I_H = 400 \text{ А}$ $I_{OTK} = 10 \text{ кА}$ $I_{CKB} = 25,5 \text{ кА}$ $I_t^2 \cdot t_T = 10^2 \cdot 4 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$U_P = 10,5 \text{ кВ}$ $I_P = 104 \text{ А}$ $I_{K3} = 5,07 \text{ кА}$ $I_Y = 12,9 \text{ кА}$ $B_K = (5,08)^2 \cdot 0,12 = 3,08 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Магистраль ГПП-СД:

Расчетный ток СД:

$$I_{HCD} = \frac{S_{HCD} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{700 \cdot 0,85}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 33 \text{ A}$$

Принимаем выключатель ВММ-10А-400-10У2

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные данные	Расчётные данные
$U_H = 10,5 \text{ кВ}$ $I_H = 400 \text{ А}$ $I_{OTK} = 10 \text{ кА}$ $I_{CKB} = 25,5 \text{ кА}$ $I_t^2 \cdot t_T = 10^2 \cdot 4 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$U_P = 10,5 \text{ кВ}$ $I_P = 33 \text{ А}$ $I_{K3} = 5,07 \text{ кА}$ $I_Y = 12,9 \text{ кА}$ $B_K = (5,08)^2 \cdot 0,12 = 3,08 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

## 6.2 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбирают по номинальному току  $I_{ном.тт}$ , номинальному напряжению  $U_{ном.тт}$ , нагрузке вторичной цепи  $S_{2ном}$ , обеспечивающей погрешность в пределах паспортного класса точности.

Трансформаторы тока проверяют на внутреннюю и внешнюю электродинамическую  $K_{дин}$  и термическую стойкость  $K_{тс}$  к токам КЗ.

Выбор и проверка трансформаторов показаны в таблице 5.

**Таблица 7 – Условия выбора трансформатора тока**

Параметр	Формула
$I_{ном.т.т.}, \text{кВ};$	$I_{ном.т.т.} \geq I_{ном.у.}$
$U_{ном.т.т.}, \text{А};$	$U_{ном.т.т.} \geq U_{ном.у.}$
$S_{2ном}, \text{кВА};$	$S_{2ном} \geq S_{2р}$
$K_{дин}, \text{кА}^2 \cdot \text{с};$	$K_{дин} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ном.т.т.} \geq i_{уд}$
$K_{т.с.}, \text{кА}^2 \cdot \text{с};$	$(K_{т.с.} \cdot I_{ном.т.т.})^2 \cdot t_{ном.т.с.} \geq I_{кз}^2 \cdot t_n$

### 6.3 Трансформаторы тока ввода

На вводах к шинам первой и второй секции и на секционном выключателе примем трансформатор тока ТШЛП-10-У3:  $I_{ном.тт} = 600 \text{ А}; S_{ном.тт} = 20 \text{ ВА}$ .

**Таблица 8 – Нагрузка трансформатора тока**

Прибор	Тип	Фаза А, ВА	Фаза В, ВА	Фаза С, ВА
A	Э-350	0,5	0,5	0,5
W	Д-365	0,5	-	0,5
Var	И-395	0,5	-	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СРУ-И689	2,5	2,5	2,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

Сопротивление вторичной нагрузки состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$R_2 = R_{приб} + R_{пров} + R_{к-тов} \quad (41)$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad (42)$$

$$r_{2н} = \frac{S_{2нтт}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

где  $S_{приб}$  – мощность, потребляемая приборами;  $I_2$  – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2H} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,414 \text{ Ом.} \quad (43)$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \cdot 5}{0,414} = 0,32 \text{ мм}^2; \quad (44)$$

Принимаем провод АКР ТВ  $F=2,5 \text{ мм}^2$ ;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{F} = \frac{0,028 \cdot 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом}; \quad (45)$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-моэ}} = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,416 \text{ Ом} \quad (46)$$

$$S_2 = R_2 \cdot I^2 = 0,416 \cdot 5^2 = 10,4 \text{ ВА}; \quad (47)$$

$$B_{\text{к}} = I_{\text{кз}}^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_a) = 4,87^2 \cdot (0,095 + 0,04) = 3,2 \text{ кА}^2\text{с} \quad (48)$$

Условия проверки ТТ ТШЛП-10У3	
Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10,5 \text{ кВ}$	$U_H=10,5 \text{ кВ}$
$I_p=342,6 \text{ А}$	$I_H=600 \text{ А}$
$B_{\text{к}}=3,2 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_m^2 t_m=33075 \text{ кА}^2\text{с}$
$i_{\text{уд}}=12,4 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}}=81 \text{ кА}$
$S_{2p}=10,4 \text{ ВА}$	$S_{2H}=20 \text{ ВА}$
$Z_{2p}=0,416 \text{ Ом}$	$Z_{2H}=0,8 \text{ Ом}$

Трансформатор тока на линии ГПП –ТП2

Примем трансформатор тока ТПЛК-10-У3:  $I_{\text{ном.тт}} = 400 \text{ А}$ ;  $S_{\text{ном.тт}} = 12 \text{ ВА}$ .

**Таблица 9 – Нагрузка трансформатора тока**

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5

Var	Д-345	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Сопротивление приборов:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2H} = \frac{S_{2H \text{ мм}}}{I_2^2} = \frac{12}{5^2} = 0,48 \text{ Ом};$$

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доп}} = r_{2H} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,48 - 0,26 - 0,1 = 0,12 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \cdot 5}{0,12} = 1,17 \text{ мм}^2;$$

Принимаем провод АКР ТВ  $F=2,5 \text{ мм}^2$ ;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{F} = \frac{0,028 \cdot 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,416 \text{ Ом}$$

$$S_2 = R_2 \cdot I_2^2 = 0,416 \cdot 5^2 = 10,4 \text{ ВА};$$

$$B_{\text{к}} = I_{\text{кз}}^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_a) = 4,87^2 \cdot (0,095 + 0,04) = 3,2 \text{ кА}^2\text{с}$$

Условия проверки ТТ ТПЛК-10У3	
Расчетные величины	По каталогу
$U_n=10 \text{ кВ}$	$U_n=10 \text{ кВ}$
$I_p=179,2 \text{ А}$	$I_n=400 \text{ А}$
$B_{\text{к}}=3,2 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_m^2 t_m=33075 \text{ кА}^2\text{с}$
$i_{\text{уд}}=12,4 \text{ кА}$	$I_{\text{дун}}=74,5 \text{ кА}$
$S_{2p}=10,4 \text{ ВА}$	$S_{2H}=12 \text{ ВА}$
$Z_{2p}=0,416 \text{ Ом}$	$Z_{2H}=0,8 \text{ Ом}$

Выбираем трансформатор тока для линии ГПП –СД1  
Примем трансформатор тока ТПЛК-10-У3:  $I_{\text{ном.мм}} = 50 \text{ А}$ ;  $S_{\text{ном.мм}} = 12 \text{ ВА}$

**Таблица 10 – Нагрузка трансформатора тока**

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Итого		7.5	6,5	7,5

Сопротивление приборов:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{7.5}{5^2} = 0,3 \text{ Ом}; \quad r_{\text{2н-ка}} = \frac{S_{\text{2нмм}}}{I_2^2} = \frac{12}{5^2} = 0,48 \text{ Ом};$$

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доппр}} = r_{\text{2н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,48 - 0,3 - 0,1 = 0,08 \text{ Ом};$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \cdot 5}{0,08} = 1,75 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ;  $F=2,5 \text{ мм}^2$ ;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{F} = \frac{0,028 \cdot 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \cdot I_2^2 = 0,456 \cdot 5^2 = 11,4 \text{ ВА};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,3 + 0,056 + 0,1 = 0,456 \text{ Ом}.$$

Условия проверки ТТ ТПЛК-10У3:	
Расчетные величины	По каталогу
$U_n=10 \text{ кВ}$	$U_n=10 \text{ кВ}$
$I_p=33 \text{ А}$	$I_n=100 \text{ А}$
$i_{y\delta}=12,4 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}}=51 \text{ кА}$
$S_{2p}=11,4 \text{ ВА}$	$S_{2н}=12 \text{ ВА}$

Трансформаторы на элементы СЭС.  
 Ввод к ГПП: ТШЛ-10-У3  
 На линии к ТП2: ТПЛК-10-У3  
 На линии к ТП3-4: ТПЛК-10-У3  
 На линии к ТП1-5: ТПЛК-10-У3

#### 6.4 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по номинальному напряжению первичной цепи, классу точности и схеме соединения обмоток.

Соответствие классу точности следует проверить сопоставлением номинальной нагрузки вторичной цепи с фактической нагрузкой от подключенных приборов.

Нагрузка на каждую фазу определяется суммированием нагрузки всех параллельных катушек приборов (реле).

$$S_{2p} = \sqrt{\sum P_{приб}^2 + \sum Q_{приб}^2}, \text{ ВА}$$

Расчет для выбора трансформатора напряжения приведен в таблице 9

**Таблица 11 - Расчет для выбора трансформатора напряжения**

Прибор	Тип	S <sub>об-ки</sub> , ВА	Число об-к	cosφ	sinφ	Число приборов	ΣP <sub>приб</sub> , Вт	ΣQ <sub>приб</sub> , вар
V	Э-335	2	2	1	0	2	4	-
W	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Var	И-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Wh	СА3-И681	3 Вт	2	0,38	0,925	9	36	87,63
Varh	СР4-И689	3 вар	2	0,38	0,925	9	36	87,63
Итого							82	175,26

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{82^2 + 175,26^2} = 193,5 \text{ ВА.}$$

Принимаем трансформатор напряжения типа НТМИ-10-66У3 и занесем условия выбора в таблицу 10.

**Таблица 12 – Условия выбора трансформатора напряжения**

Паспортные данные	Расчетные значения
$U_{nm}=10,5$ кВ	$U_{nm}=10,5$ кВ
$S_{n2}=300$ кВА	$S_{p2}=193,5$ ВА
Схема соединения обмоток Y-0/Y-0/ $\Delta$ -0	

Для всех трансформаторов принимаем выключатель нагрузки типа ВНПу–10/40010У3

Паспортные данные	Расчётные данные
$U_H = 10,5$ кВ	$U_P = 10,5$ кВ
$I_H = 400$ А	$I_P = 27,8$ А – 109 А
$I_{скв} = 25$ кА	$i_{y\delta} = 12,98$ кА
$I_t^2 \cdot t_T = 10^2 \cdot 1 = 100 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = (4,87)^2 \cdot 0,12 = 3,11 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$

На ТП1-ТП4, ТП6 устанавливаем предохранители типа ПК3-10-100/100-31,5У3

На ТП5 устанавливаем предохранители типа ПК4-10-200/160-31,5У3

## **Глава 7. Изучение и анализ литературы нормирования документа по электроснабжению отрасли**

Проектировка электроснабжения отрасли является частью деятельности строительной сферы, и регулируют данное процедуру государственные правила проектирования электроснабжения, а именно:

- 1) строительные нормы и правила РК (СНиПы);
- 2) государственные стандарты РК (ГОСТы);
- 3) своды правил по проектированию и строительству (СП), включая правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- 4) руководящие документы (РД).

### **7.1 Строительные нормы и правила (СНиП)**

«Строительные нормы и правила (СНиП) — совокупность принятых органами исполнительной власти нормативных актов технического, экономического и правового характера, регламентирующих осуществление градостроительной деятельности, а также инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования и строительства.» - [7]

СНиП представляет требования к структуре электроснабжения дома в части соответствия ее "Правилам устройства электроустановок" (ПУЭ) и государственным стандартам на электрические установки, а также к оборудованию электроустановок устройствами защитного отключения (УЗО), к системе и распределение электропроводок и к наличию устройств по регистру расходов электроэнергии.

СНиП электроснабжение многоквартирных жилых домов определяет, что в помещениях можно использовать электропроводку двух типов – открытую и скрытую, она выполняется медножильными кабелями и проводами, которые можно пропускать через специальные конструкции здания, если они произведены из негорючих материалов. Горючие материалы допускаются, но только из числа относящихся к категориям.

В Своде правил сформулированы основополагающие правила проектирования и монтажа электроустановок вновь строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданий в городах, поселках и сельских населенных пунктах.

В своде правил рассмотрены вопросы, связанные с проектированием:

- искусственного освещения и сформулированы требования к выбору и расположению светильников, к системам и видам освещения;
- электроснабжения;
- схем электрических сетей;
- силовых распределительных сетей, приведены требования к питанию противопожарных устройств, требования к электрическим сетям;

- групповых сетей; приведены требования к групповым сетям, к сетям эвакуационного и аварийного освещения;
- управления освещением, сформулированы требования к управлению рабочим освещением в жилых домах, общественных зданиях, требования к системам управления освещением лифтовых холлов, площадок перед лифтами;
- защиты внутренних электрических сетей напряжением до 1000 В и выбора сечения проводников, приведены требования по выбору сечения проводов и кабелей, по выбору защитных аппаратов и уставок защиты;
- устройства внутренних электрических сетей;
- электрического отопления и горячего водоснабжения, а также учета электроэнергии и изложены требования к установке расчетных счетчиков.

Рассмотрены защитные меры безопасности, приведена классификация помещений по опасности поражения электрическим током, приведены требования к системе защитного отключения, к изоляции токоведущих частей системы электроснабжения.

## 7.2 ГОСТы

«ГОСТ — это государственный стандарт, который конкретизирует требования государства к качеству продукции, работ и услуг, имеющих межотраслевое значение. ГОСТы устанавливаются на основе применения современных достижений науки, технологий и практического опыта с учетом последних редакций международных стандартов или их проектов.» - [8]

Правила проектирования электрического снабжения объекта в том числе касаются и документацию, подготавливаемую в процессе строительства объекта. Более того, в конкретном случае конструировании электросети предполагает имущество однородной проектных и сметных документов, который содержит данные разделы:

- 1) графическую часть объекта – чертеж, указывающий расположение поэтажных стадий проекта, на которых помечены места расположения компонентов структуры электроснабжения, в тоже время, как и трассы протекания токо-проводов;
- 2) вычисление и расчеты распределителей и питающих электрических сетей;
- 3) лист с общими данными;
- 4) пояснительную записку;
- 5) проектировка схемы контура заземления;
- 6) расчеты нагрузок электрических приемников;
- 7) схемы устройства аварийного (дополнительного) электроснабжения;
- 8) классификации электрооборудования;
- 9) расчеты материальной части электроснабжения.

Вышеуказанные классификации электрического оборудования, чертежи, расчеты и выписки обязаны оформляться согласно с действующими правилами проектирования электроснабжения, которые в свою очередь определяются различными ГОСТами.

### **7.3 Правила устройства электроустановок (ПУЭ)**

«Правила устройства электроустановок (ПУЭ) распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки постоянного и переменного тока напряжением до 750 кВ, в том числе на специальные электроустановки, рассмотренные в разд. 7 настоящих Правил. Требования настоящих Правил рекомендуется применять для действующих электроустановок, если это повышает надежность электроустановки или если ее модернизация направлена на обеспечение требований безопасности. По отношению к реконструируемым электроустановкам требования настоящих Правил распространяются лишь на реконструируемую часть электроустановок.» - [1, с.1]

При проектировании электроустановок населённых и служебных помещений обязательно следовать требованиям принятых положений и правил, иных нормативных документов, установленных в поставленном порядке. Оборудование и сырьё, которые применяют в электротехнических установках обязаны руководствоваться правилам государственных ГОСТов и стандартов, в том числе технических положений, установленных в поставленном порядке согласно утвержденному перечню, и обладать удостоверением соответствия и пожарной безопасности согласно утвержденным перечням.

Структура, выполнение, метод монтажа, класс изоляции и степень защиты электрического оборудования обязаны совпадать номинальному напряжению сети и обстановке окружающей среды.

Электроснабжение предприятия может реализовываться от собственной электростанции, энергетической системы, если рядом есть собственная электростанция. Помещения, каналы, закладочные детали для электропроводок, карнизы и планки для магистралей электропроводок необходимы быть спроектированы в архитектурно-строительных чертежах и проектах, спроектированные специалистами.

Запросы, требуемые к надёжности электроснабжения от источников питания, основываются на потребляемой мощности объекта и его видом.

Потребители электрической энергии в отношении реализации надёжности электроснабжения делятся на несколько категорий.

Первая категория – приемники электроснабжения, перерыв которого может быть причиной опасности для жизни людей, повлечь за собой существенный экономический убыток, урон дорогостоящих оборудований, повсеместный брак продукции и нарушение сложного технологического процесса.

Из состава электроприёмников первой категории ярко выражена, в первую очередь, «нулевая категория» электроприёмников, непрерывная работа которых важна для безаварийного прекращения производства для того, чтобы предотвратить возникновение угроз для жизни людей, пожаров, взрывов и ущерба дорогого оборудования.

Вторая категория – электроприёмники, перерыв электроснабжения которых приводит к всеобщим недопускам товара, массовым простоям работников, оборудования и их механизмов. Не более 30 минут – это дозволённый промежуток длительности нарушения электроснабжения для электроприёмников второй категории.

Третья категория – все другие приёмники электроснабжения, не подходящие под описание первых и вторых категорий.

Первая категория электроприёмников обязана быть обеспечена электроэнергией от двух автономных источников энергии, потому что при выключении одного из них реализация переадресовки на резервный должна быть автоматической. Согласно ПУЭ, источниками питания на которых сохраняется напряжение при исчезновении его на других источниках, питающих эти электроприёмники, являются независимыми. Также по правилам ПУЭ, к автономным источникам могут быть отнесены два модуля или системы шин одной или двух электростанций или подстанций, при выдерживании следующих положений:

- каждый этот модуль или система шин питается от автономных источников.

- модули шин не связаны между собой или же имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормального функционала одного из модуля шин.

Для обеспечения безаварийной приостановки процесса электроснабжения электроприёмников специальной группы необходимо планироваться вспомогательный третий источник питания.

Потребителям питания второй категории рекомендуется сооружать два автономных источника питания, переключение которых можно организовывать не автоматически.

Электроснабжение электроприёмников третьей категории может быть выполнено от одного источника питания при обязательстве, что прекращения снабжения питания, должны не превышать одних суток, необходимые для замены и ремонта получившее повреждение оборудование.

Электрическая энергия на объекте является одной из частей производства, вместе с сырьем, материалами, трудовыми расходами, и входит в себестоимость производимой товарной продукции. Наряду с этим часть затрат энергии в себестоимости товарной продукции находится в зависимости от сферы производства: в машиностроении – от 2 до 3%, в энергоемких промышленности (электролиз, электрометаллургия и др.) – от 20 до 35%. Стоимость электро-части производства достигает до 7% от вноса капиталовложения в производство. Более рациональное использование

расходов на электрическую часть производства на этапе проектирования влечет к их сокращению на доли процентов, в полном же понимании имеется в виду об экономии существенных ресурсов.

«Проектирование и выбор схем, компоновок и конструкций электроустановок должны производиться на основе технико-экономических сравнений вариантов с учетом требований обеспечения безопасности обслуживания, применения надежных схем, внедрения новой техники, энерго- и ресурсосберегающих технологий, опыта эксплуатации.» - [1, с.3]

«При проектировании систем электроснабжения и электрических систем необходимо чтобы проектно-сметная документация соответствовала действующим нормативно-техническим документам. Для указанной цели в проектных организациях создается нормоконтроль, его осуществление поручается подготовленному специалисту, который назначается письменным приказом руководителя организации» - [4, с.90]

«Специалист, осуществивший нормоконтроль, несет ответственность за соблюдение в проектно-сметно документации требований нормативных документов, наравне с разработчиками указанной документации.» - [4, с.91]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дипломная работа выполнена на тему «Изучение и анализ литературы нормирования документа по электроснабжению отрасли».

В ходе изучения данной темы изучил и проанализировал различные нормативные документы по электроснабжению отрасли. Понял их важность в проектировании снабжения и строительства объекта. В тоже время узнал много информации, даже после четырех курсов теоретического обучения.

В данной работе произведен расчет электроснабжение завода среднего машиностроения, целью которого является выбор наиболее оптимального варианта схемы, параметров электросети и ее элементов, позволяющих обеспечить необходимую надежность электропитания и бесперебойной работы цеха.

Был произведен расчет нагрузок по заводу, выбор числа и мощности цеховых ТП, расчет компенсации реактивной мощности. Выбор выключателей, трансформатора тока и напряжения.

На основе произведенных расчетов можно сделать вывод, что выбран наиболее оптимальный и рациональный вариант электроснабжения электромеханического цеха.

## Список использованной литературы

- 1 Правила Устройства Электроустановок ПУЭ. Издание Седьмое, 2007. – 1 с.
- 2 Свод Правил. СП 31.110.2003 «Проектирование и Монтаж Электроустановок Жилых и Общественных Зданий». – 3 с.
- 3 Электроснабжение Цехов Промышленных Предприятий. Авторы: Э.А. Киреева, В.В. Орлов, Л.Е. Старкова.
- 4 Маньков В.Д. Основы Проектирования Систем Электроснабжения, 2007 – 90 с., 91 с., 134 с.
- 5 ГОСТ 21128-83. Системы Электроснабжения, Сети, Источники, Преобразователи и Приемники Электрической Энергии.
- 6 ГОСТ 6697-83. Системы Электроснабжения, Источники, Преобразователи и Приемники Электрической энергии переменного тока.
- 7 [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5\\_%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B\\_%D0%B8\\_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B_%D0%B8_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0)
- 8 [https://aif.ru/dontknows/eternal/что\\_такое\\_gost\\_i\\_zachem\\_on\\_nuzhen](https://aif.ru/dontknows/eternal/что_такое_gost_i_zachem_on_nuzhen)
- 9 СНиП 31-02. Проектирование и Строительство Инженерных Систем Домов. Раздел Электроснабжение.

**ОТЗЫВ**  
**НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на Дипломную работу  
(наименование вида работы)

Каткаев Артур Эдуардович

5B071800-Электроэнергетика

Тема: Изучение и анализ литературы нормирования документа по электроснабжению отрасли

В данной работе рассмотрены вопросы произведён расчёт электроснабжения завода среднего машиностроения, а также изучен методы расчета электроснабжения, также приведены расчеты нагрузок по заводу, выбор числа и мощности цеховых ТП, расчет компенсации реактивной мощности. Выбор выключателей, трансформатора тока и напряжения.

Каткаев Артур приступил к выполнению дипломной работы в соответствии с графиком.

За время дипломирования показал себя грамотным, хорошим специалистом, способным самостоятельно заниматься поиском необходимой литературы для решения поставленных задач, умеющим пользоваться справочной литературой, компьютерными технологиями.

Дипломная работа выполнена в полном объеме, состоит из пояснительной записки на 45 стр. машинописного текста.

Считаю, что дипломная работа Каткаев Артур заслуживает оценку «отлично» (85%), а ее автор – присвоения степени «бакалавр».

**Научный руководитель**  
к.т.н., ассистент-профессор  
кафедры «Энергетика»



Жуматова А.А.

«\_09\_» \_\_\_\_\_ 06\_\_\_\_\_ 2021 г

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Каткаев Артур Эдуардович

**Название:** Изучение и анализ литературы нормирования документа по электроснабжению отрасли

**Координатор:** Асель Жуматова

**Коэффициент подобия 1:** 5.9

**Коэффициент подобия 2:** 1.6

**Замена букв:** 277

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 29

**Белые знаки:** 0

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

..... *допустить к защите* .....

..... *10.08.21* .....

Дата

..... *А.А. Жуматова* .....

Подпись Научного руководителя

## Протокол анализа Отчета подобия

### заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Каткаев Артур Эдуардович

**Название:** Изучение и анализ литературы нормирования документа по электроснабжению отрасли

**Координатор:** Асель Жуматова

**Коэффициент подобия 1:**5.9

**Коэффициент подобия 2:**1.6

**Замена букв:**277

**Интервалы:**0

**Микропробелы:**29

**Белые знаки:**0

**После анализа отчета отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....  
..... обнаруженные в работе заимствования  
..... являются добросовестными и не обладают  
..... признаками плагиата.  
.....  
.....  
.....

