

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий,
организаций и учреждений
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Реконструкция электрооборудования и электрохозяйства завода
по производству железобетонных конструкций»

Студент

Д.А. Бушев

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Руководитель

В.Н. Кузнецов

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Консультанты

И.Ю. Усатова

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

« ____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

В выпускной квалификационной работе выполнена реконструкция электрооборудования и электрохозяйства завода по производству железобетонных конструкций. Проведены расчеты электрических нагрузок, произведен выбор силовых трансформаторов, кабелей, электрических аппаратов, выполнены расчеты токов короткого замыкания, выбраны напряжения внешнего и внутреннего электроснабжения, выбраны места расположения главной понизительной подстанции и цеховых трансформаторных подстанций.

Выпускная квалификационная работа состоит из текстовой и графической части. Текстовая часть представлена в виде пояснительной записки, выполненной на 53 страницах, содержит 14 таблиц, 9 рисунков. Список использованных источников включает в себя 25 наименований, в том числе 5 - на английском языке.

Графическая часть выполнена в виде 6 чертежей формата А1.

ABSTRACT

Theme of the qualification thesis is reconstruction of the electrical equipment of the concrete component producing enterprise.

Qualification thesis could be divided into two main parts. First part of the thesis was made the analysis of the enterprise's power supply system and made a decision to do a full reconstruction, because present power supply system is out of date.

In the second part of the thesis the electrical loads were calculated, power transformers, electrical cables, electrical switchgears were selected, short-circuit currents were calculated, external and internal power supply voltages were selected, and locations of the main substation and shop transformer substations were selected. All selected equipment were verified with short-circuit currents results and all equipment is stable for emergence regimes.

The last part of the thesis consist the question of electrical equipment installation.

Final qualifying work consists of text and graphic parts. The text part is presented on 53 pages, contains 14 tables, 9 figures. The list of sources used includes 25 names, including 5 in the English language sources.

The graphic part is made in the form of 6 drawings of A1 format.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Краткая характеристика объекта	7
2 Расчет электрических нагрузок завода ЖБИ	8
2.1 Определение расчетных электрических нагрузок	8
2.2 Расчет картограммы электрических нагрузок.....	13
3 Выбор напряжения внутризаводской системы электроснабжения	15
4 Выбор цеховых трансформаторов и средств компенсации реактивной мощности	16
5 Выбор напряжения внешнего электроснабжения и трансформаторов ГПП.....	23
6 Выбор схемы электроснабжения предприятия и расчет сечения питающих линий	26
7 Расчет токов короткого замыкания	31
8 Выбор электрооборудования	37
8.1 Выбор выключателей для ГПП и РП компрессорной	37
8.2 Выбор измерительных трансформаторов	40
8.3 Выбор разъединителей	42
8.4 Выбор предохранителей	43
8.5 Выбор ошиновки для ОРУ 35 кВ ГПП	44
8.6 Выбор КРУ 6 кВ для ГПП и РП компрессорной	46
8.7 Выбор КТП 6 кВ.....	46
9 Монтаж электрооборудования.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

Развитие экономики страны невозможно без развития электроэнергетики. При строительстве новых промышленных предприятий должна учитываться возможность использования мощности внешней системы электропитания. Кроме того, при проектировании крупных промышленных предприятий должно выполняться проектирование внутренней системы электропитания и электрохозяйства предприятия.

В структуру электрохозяйства предприятия входят понизительные подстанции, располагаемые на территории предприятия, цеховые трансформаторные подстанции, оборудование для передачи и распределения электрической энергии по территории предприятия, а также все электрическое оборудование, задействованное в технологическом процессе.

Существующие системы электропитания промышленных предприятий нуждаются в проведении периодических реконструкций и замене оборудования, относящегося к электрохозяйству предприятия, реконструкция может проводиться частично, с заменой отдельных элементов и частей системы электропитания, либо комплексно, с полной заменой всего оборудования.

Рассматриваемое предприятие по производству железобетонных конструкций, расположенное на Средней Волге, не эксплуатировалось по назначению и не выпускало продукцию долгое время. Развитие строительной отрасли региона потребовало увеличения производства железобетонных конструкций и сокращения сроков доставки. Таким образом принято решение по восстановлению производства на данном предприятии. Электрохозяйство и электрооборудование завода требует проведения комплексной реконструкции.

Целью выпускной квалификационной работы является реконструкция электрооборудования и электрохозяйства предприятия по производству железобетонных конструкций.

В выпускной квалификационной работе планируется следующее:

- Рассчитать электрические нагрузки предприятия;
- Произвести выбор напряжения внутривозводской сети;
- Произвести выбор цеховых трансформаторов;
- Произвести выбор напряжения внешнего электроснабжения;
- Произвести выбор трансформаторов главной понизительной подстанции;
- Произвести выбор кабелей;
- Выполнить расчет токов короткого замыкания;
- Выполнить выбор электрооборудования.

Также планируется выполнить графическую часть выпускной квалификационной работы, включающую в себя 6 чертежей формата А1: генеральный план предприятия, схема электроснабжения завода ЖБИ, принципиальная схема РП компрессорной, план прокладки кабельных линий и расположения цеховых трансформаторных подстанций, чертеж ячейки выключателя 6 кВ, картограмма нагрузок.

1 Краткая характеристика объекта

Объектом проектирования является завод железобетонных изделий, расположенный на средней Волге. Завод относится к отрасли строительных материалов и занимается выпуском железобетонных плит, оконных блоков из железобетона, железобетонных свай, бетонных колодцев и т.п.

Как потребитель электроэнергии завод ЖБИ относится ко второй категории по надежности электроснабжения. По объемам потребляемой электроэнергии данный завод не относится к крупным потребителям.

На рисунке 1 приведен генеральный план завода ЖБИ.

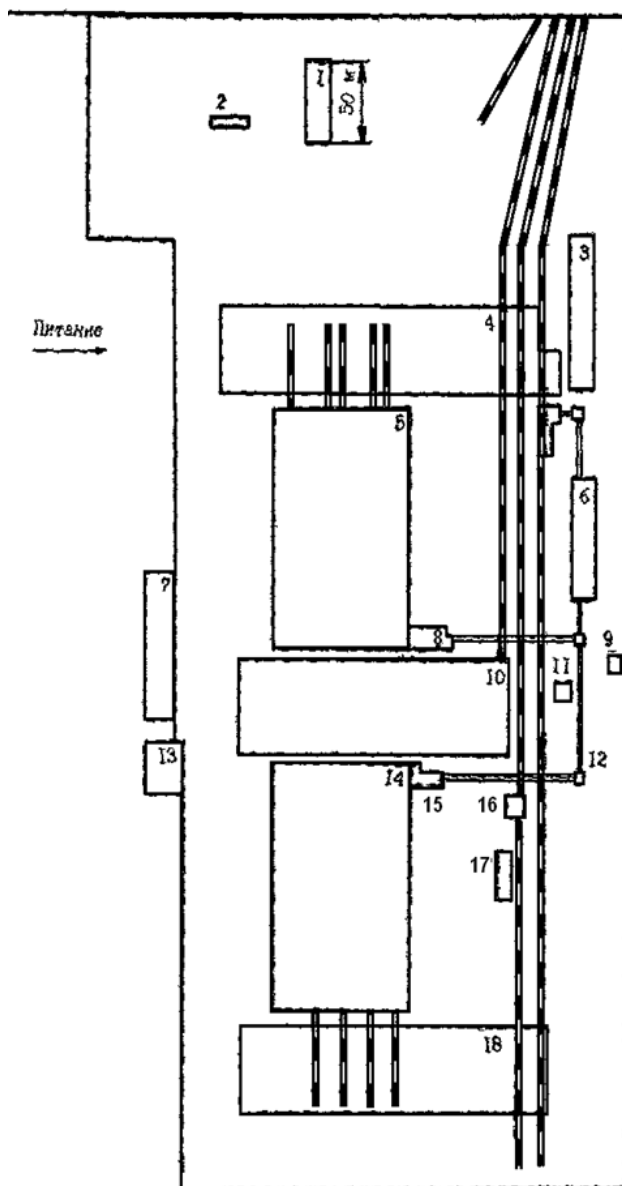


Рисунок 1 - Генеральный план завода ЖБИ

2 Расчет электрических нагрузок

2.1 Определение расчетных электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок необходим для выбора цеховых трансформаторов, трансформаторов главной понизительной подстанции (ГПП), определения сечения кабелей, питающих цеховые трансформаторы.

В таблице 2.1 приведены данные по электроприемникам (ЭП) получающим питание по сети 0,4 кВ, в таблице 2.2 предоставлены данные по электроприемникам напряжением 6 кВ.

Таблица 2.1 – Данные по электроприемникам завода ЖБИ

№ п/п	Наименование цеха, отделения, участка	Установленная мощность P_H электроприемников напряжением 0,4кВ, кВт	Приведенное число электроприемников, n_p
1	Котельная	1481	4
2	Насосная станция	291	3
3	Ремонтно-механический цех	312	21
4	Склад готовой продукции №1	188	7
5	Производственный корпус №1	3154	90
6	Склад заполнителей	364	15
7	Административно- бытовой корпус	54	20
8	Бетоносмесительный цех №1	286	15
9	Склад горюче-смазочных материалов	54	11
10	Производственный корпус №2	2448	80
11	Склад эмульсора	56	9
12	Галереи подачи заполнителей	140	31
13	Столовая	355	
14	Производственный корпус №3	3235	80
15	Компрессорная	255	7
16	Бетоносмесительный цех №1	162	20
17	Склад цемента	347	10
18	Склад готовой продукции №2	263	9

Таблица 2.2 – Данные по высоковольтным электроприемникам

№ п/п	Наименование цеха, отделения, участка	Вид высоковольтных электроприемников	Установленная мощность одного электроприемника, кВт	Кол-во электроприемников	Напряжение электроприемников, кВ
15	Компрессорная	Синхронные ЭД	630	6	6

Далее необходимо провести расчет электрических нагрузок по методике взятой из [1] и [2].

Сначала рассчитываем нагрузки ЭП 0,4 кВ.

Необходимо определить среднюю активную нагрузку каждого цеха по выражению (2.1):

$$P_c = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}} \quad (2.1)$$

P_c – средняя активная нагрузка цеха, кВт;

$K_{\text{и}}$ – средний коэффициент использования, принимается согласно [3];

$P_{\text{н}}$ – номинальная мощность всех электроприемников цеха.

Рассчитаем среднюю активную нагрузку котельной завода ЖБИ по выражению (2.1):

$$P_c = 0,75 \cdot 1481 = 1110 \text{ кВт.}$$

Определим среднюю реактивную нагрузку каждого цеха по выражению (2.2):

$$Q_c = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \text{tg}\varphi \quad (2.2)$$

Q_c – средняя реактивная нагрузка цеха, квар;

$\text{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной нагрузки.

Рассчитаем среднюю реактивную нагрузку котельной завода ЖБИ по выражению (2.2):

$$Q_c = 0,75 \cdot 1481 \cdot 0,62 = 688 \text{ квар.}$$

Далее определяем расчетную активную нагрузку цеха по выражению (2.3):

$$P_p = K_p \cdot P_c \quad (2.3)$$

P_p – расчетная активная нагрузка цеха, кВт;

K_p – коэффициент расчетной нагрузки, определяется по справочным таблицам из [3].

Рассчитаем расчетную активную нагрузку котельной завода ЖБИ по выражению (2.3):

$$P_p = 0,97 \cdot 1110 = 1076 \text{ кВт.}$$

Определяем расчетную реактивную нагрузку цеха по выражению (2.4):

$$Q_p = K_p \cdot Q_c \quad (2.4)$$

Q_p – расчетная реактивную нагрузка цеха, квар.

Рассчитаем расчетную реактивную нагрузку котельной завода ЖБИ по выражению (2.4):

$$Q_p = 0,97 \cdot 688 = 667 \text{ квар.}$$

Теперь необходимо определить полную расчетную мощность по выражению (2.5):

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.5)$$

S_p – полная расчетная мощность, кВа.

Определим полную расчетную мощность котельной по (2.5):

$$S_p = \sqrt{1076^2 + 667^2} = 1256 \text{ кВа.}$$

Теперь нужно определить ток на шинах цеховой трансформаторной подстанции (ЦТП) по выражению (2.6):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2.6)$$

Рассчитаем ток на шинах цеховой трансформаторной подстанции по (2.6):

$$I_p = \frac{1256}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1815 \text{ А.}$$

Расчет электрических нагрузок других цехов производится аналогично. Расчетные данные сведены в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Данные по электрическим нагрузкам цехов

№	Наименование цеха, отделения, участка	Расчетная активная нагрузка, кВт	Расчетная реактивная нагрузка, квар	коэффициент мощности
1	Котельная	1076	667	0,85
2	Насосная станция	250	156	0,87
3	Ремонтно-механический цех	159	187	0,65
4	Склад готовой продукции №1	95	103	0,88
5	Производственный корпус №1	1564	1782	0,66
6	Склад заполнителей	170	90	0,88
7	Административно- бытовое корпус	36	10	0,96
8	Бетономесительный цех №1	159	211	0,59
9	Склад горюче-смазочных материалов	27	13	0,89
10	Производственный корпус №2	1312	1252	0,66
11	Склад эмульсора	27	14	0,89
12	Галереи подачи заполнителей	80	104	0,61
13	Столовая	258	118	0,91
14	Производственный корпус №3	1613	1839	0,66
15	Компрессорная	204	153	0,8
16	Бетономесительный цех № 2	99	110	0,67
17	Склад цемента	178	105	0,86
18	Склад готовой продукции №2	139	86	0,85
19	Освещение завода	744		0,99
Итого		8190	6910	

Далее проведем расчет электрических нагрузок высоковольтных электроприемников. Высоковольтными ЭП являются электродвигатели напряжением 6 кВ установленные в компрессорной.

Необходимо определить среднюю активную нагрузку каждого высоковольтного ЭП по выражению (2.7):

$$P_c = K_3 \cdot P_H \quad (2.7)$$

K_3 – коэффициент загрузки электродвигателя.

Рассчитаем среднюю активную нагрузку каждого высоковольтного ЭП по (2.7):

$$P_c = 0,88 \cdot 3780 = 3326 \text{ кВт}$$

Теперь определим расчетную активную мощность электродвигателя компрессорной по (2.3):

$$P_p = 3326 \cdot 0,95 = 3160 \text{ кВт.}$$

Теперь определим среднюю реактивную нагрузку по выражению (2.8):

$$Q_c = K_3 \cdot P_H \cdot \text{tg}\varphi \quad (2.8)$$

Рассчитаем среднюю реактивную нагрузку по (2.8):

$$Q_c = 0,88 \cdot 3780 \cdot 0,54 = 1796 \text{ квар.}$$

Определим расчетную реактивную мощность электродвигателя компрессорной по (2.4):

$$Q_p = 1796 \cdot 0,95 = 1706 \text{ квар.}$$

Определим полную мощность электродвигателей компрессорной по (2.5):

$$S_p = \sqrt{3160^2 + 1706^2} = 3591 \text{ кВа.}$$

Определяем ток на шинах распределительного пункта (РП) от которого запитаны электродвигатели компрессоров по (2.6):

$$I_p = \frac{3591}{3 \cdot 6} = 345 \text{ А.}$$

2.2 Расчет картограммы электрических нагрузок

Определим радиус окружности центра электрических нагрузок цеха по выражению (2.7):

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi m}} \quad (2.7)$$

R_i – радиус окружности центра электрических нагрузок, м;

Рассчитываем радиус окружности центра электрических нагрузок котельной по (2.7):

$$R_i = \frac{\sqrt{1076}}{3,14} = 18,5$$

Центры электрических нагрузок определяются аналогично.

Выполним расчет центра электрических нагрузок предприятия по выражению (2.8):

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Pi} X_i}{\sum_{i=1}^n P_{Pi}}; \quad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Pi} Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{Pi}}, \quad (2.8)$$

X_0, Y_0 – координаты центра электрических нагрузок, м.

Определим центр электрических нагрузок завода ЖБИ по (2.8):

$$X_0 = \frac{984435}{7446} = 132 \text{ м} \quad Y_0 = \frac{4941530}{7446} = 663 \text{ м}$$

По расчету разместить ГПП возможно в точке показанной на рисунке 2. На рисунке 3 показано размещение ЦТП на территории завода ЖБИ.

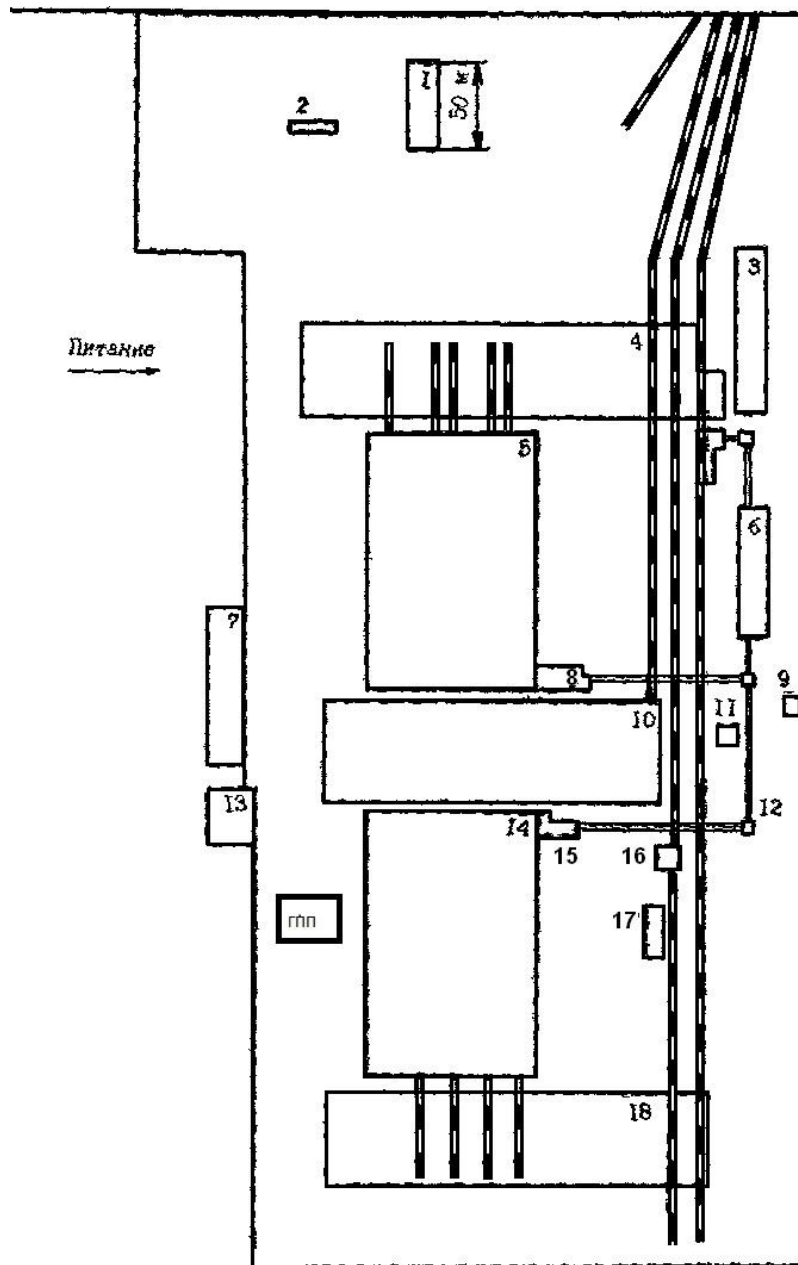


Рисунок 2 – Размещение ГПП на территории завода ЖБИ

3 Выбор напряжения внутризаводской системы электроснабжения

Выбор напряжения внутризаводской системы электроснабжения производится в соответствии с рекомендациями [4].

На выбор напряжения внутризаводской системы электроснабжения наибольшее влияние имеет наличие высоковольтных ЭП, таких как высоковольтные электродвигатели. На заводе ЖБИ в компрессорной имеется 6 высоковольтных электродвигателей компрессоров, напряжение электродвигателей 6 кВ. Исходя из этого, выбираем напряжение внутризаводской системы электроснабжения 6 кВ.

4 Выбор цеховых трансформаторов и средств компенсации реактивной мощности

Цеховые трансформаторы являются источниками питания ЭП 0,4 кВ цехов предприятий. Как правило, такие трансформаторы установлены на ЦТП, имеют распределительное устройство низкого напряжения (РУНН) и не имеют распределительного устройства высокого напряжения (РУВН). Могут быть одно, двух и трехтрансформаторными в зависимости от требований к надежности электроснабжения.

Компенсация реактивной мощности (КРМ) необходима для регулирования напряжения и для снижения потерь электроэнергии в сети. КРМ выполняется при помощи батарей статических конденсаторов, синхронных компенсаторов, синхронных электродвигателей. При расчетах следует использовать методику из [5].

Определим мощность одного цехового трансформатора по выражению (4.1):

$$S_T \geq \frac{P_p}{K_3 \cdot N_T} \quad (4.1)$$

S_T – Полная мощность цехового трансформатора, кВА;

P_p – расчетная активная мощность потребляемая цехом, кВт;

K_3 – коэффициент загрузки, в данном проектировании принимается равным 0,7;

N_T – Число трансформаторов на ЦТП, шт.

Определим мощность цехового трансформатора котельной по (4.1):

$$S_T \geq \frac{1076}{0,7 \cdot 2} = 768 \text{ кВА}$$

Выбираем 2 трансформатора мощностью 1000 кВа типа ТМГ-1000/6.

Теперь необходимо определить потери активной и реактивной мощности в трансформаторах ЦТП по выражениям (4.2) и (4.3):

$$\Delta P_T = N_T \cdot (\Delta P_{xx} + K_3^2 \cdot \Delta P_{кз}) \quad (4.2)$$

ΔP_T – потери активной мощности в трансформаторах, кВт;

ΔP_{xx} – активные потери холостого хода, кВт;

$\Delta P_{кз}$ – активные потери короткого замыкания, кВт;

$U_{кз}$ – напряжение короткого замыкания, %;

i_0 – ток холостого хода, %.

$$\Delta Q_T = N_T \cdot (i_0 + K_3^2 \cdot U_{кз}) \cdot \frac{S_T}{100} \quad (4.3)$$

ΔQ_T – потери реактивной мощности в трансформаторах, квар;

Определим потери активной мощности в трансформаторах по (4.2):

$$\Delta P_T = 2 \cdot (1,47 + 0,7^2 \cdot 12,2) = 14,8 \text{ кВт.}$$

Теперь определим потери реактивной мощности в трансформаторах по (4.3):

$$\Delta Q_T = 2 \cdot (0,8 + 0,7^2 \cdot 5,5) \cdot \frac{1000}{100} = 69,9 \text{ квар.}$$

Определим активную мощность потребляемую цехом учитывая потери в трансформаторах ЦТП по выражениям (4.4) и (4.5):

$$P_{p\Sigma} = P_p + \Delta P_T \quad (4.4)$$

$P_{p\Sigma}$ – активная мощность потребляемая цехом учитывая потери в трансформаторах ЦТП, кВт.

$$Q_{p\Sigma} = Q_p + \Delta Q_T \quad (4.5)$$

$Q_{p\Sigma}$ – реактивная мощность потребляемая цехом учитывая потери в трансформаторах ЦТП, квар.

Рассчитываем активную мощность потребляемую котельной учитывая потери в трансформаторах ЦТП по (4.4):

$$P_{p\Sigma}=1076+14,8=1090 \text{ кВт.}$$

Теперь рассчитываем активную мощность потребляемую котельной учитывая потери в трансформаторах ЦТП по (4.5):

$$Q_{p\Sigma}=667+69,9=736 \text{ квар.}$$

Теперь определим реактивную мощность, которая может быть передана из сети 6 кВ предприятия в сеть 0,4 кВ цеха по выражению (4.6):

$$Q_T = \sqrt{(1,1 \cdot S_T \cdot K_3 \cdot N_T)^2 - P_{p\Sigma}} \quad (4.6)$$

Q_T – реактивная мощность передающаяся из сети 6 кВ предприятия в сеть 0,4 кВ цеха, квар.

Рассчитываем реактивную мощность, которая может быть передана из сети 6 кВ предприятия в сеть 0,4 кВ котельной по (4.6):

$$Q_T = \sqrt{(1,1 \cdot 1000 \cdot 0,7 \cdot 2)^2 - 1090} = 1539 \text{ квар.}$$

Определим реактивную мощность, выдаваемую статическими конденсаторными батареями по выражению (4.7):

$$Q_{нк} = Q_{p\Sigma} - Q_T \quad (4.7)$$

$Q_{нк}$ – необходимая реактивная мощность статических батарей конденсаторов, квар.

$$Q_{нк} = 736 - 1539 = -803 \text{ квар}$$

Установка батарей конденсаторов не требуется.

Определим число часов максимальных потерь в сети цеха по выражению (4.8):

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000}\right)^2 \cdot T_p \quad (4.8)$$

τ – число часов максимальных потерь в сети, ч;

T_p – число часов работы трансформатора, ч.

Определяем число часов максимальных потерь в сети котельной по (4.8):

$$\tau = \left(0,124 + \frac{3500}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 1968 \text{ ч.}$$

Определим стоимость максимальных потерь активной мощности за год в сети по выражению (4.9):

$$C = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2}\right) \cdot \tau \quad (4.9)$$

C – стоимость максимальных потерь активной мощности в сети, руб/кВт.

Определяем стоимость максимальных потерь активной мощности в сети по (4.9):

$$C = \left(\frac{5000}{3500} + 1,1 \cdot 10^{-2}\right) \cdot 1968 = 2,8 \text{ тыс. руб/кВт}$$

Определим удельную стоимость потерь холостого хода трансформатора ЦТП по формуле (4.10):

$$C_0 = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2}\right) \cdot T_p \quad (4.10)$$

C_0 - удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора, руб/кВт.

Определяем стоимость потерь холостого хода трансформатора ЦТП котельной по (4.10):

$$C_0 = \left(\frac{5000}{3500} + 1,1 \cdot 10^{-2}\right) \cdot 8760 = 12,6 \text{ тыс. руб/кВт}$$

Определим стоимость потерь активной мощности в трансформаторах ЦТП по выражению (4.11):

$$C \cdot \Delta P_T = N_T \cdot (C_0 \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{k3}) \quad (4.11)$$

$C \cdot \Delta P_T$ – стоимость потерь активной мощности в трансформаторах, руб/кВт.

Определяем стоимость потерь активной мощности в трансформаторах ЦТП котельной по (4.11):

$$C \cdot \Delta P_T = 2 \cdot (12,6 \cdot 1,47 + 2,8 \cdot 0,7^2 \cdot 12,2) = 70,52 \text{ руб/кВт.}$$

Определим финансовые затраты на комплектную трансформаторную подстанцию по выражению (4.12):

$$Z_{\text{КТП}} = E \cdot (N_T \cdot K_T + N_K \cdot K_{\text{ку}}) \cdot C \cdot \Delta P_T \quad (4.12)$$

$Z_{\text{КТП}}$ – затраты на КТП, тыс. руб.;

E – суммарный коэффициент отчислений от капиталовложений;

K_T – стоимость трансформатора для ЦТП, тыс. руб.;

N_K – число батарей конденсаторов, шт.;

$K_{\text{ку}}$ – стоимость конденсаторных батарей, тыс. руб.

Рассчитываем финансовые затраты на комплектную трансформаторную подстанцию по (4.12):

$$Z_{\text{КТП}} = 0,338 \cdot (2 \cdot 520) + 70,52 = 422,04 \text{ тыс. руб.}$$

Выбор остальных трансформаторов производится аналогично. Результаты выбора трансформаторов для ЦТП приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты выбора трансформаторов ЦТП

№ ТП	Место установки	Тип трансформатора	Тип БСК	Приведенные затраты, тыс. руб.
1	Котельная	ТМГ-1000/6х2	нет	422,04
2	Насосная станция	ТМГ-250/6х2	нет	217,05
3	Ремонтно-механический цех	ТМГ-160/6х2	нет	181,01
4	Склад готовой продукции №1	ТМГ-100/6х2	нет	122,45
5	Производственный корпус №1	ТМГ-1600х2	нет	562,33
6	Склад заполнителей	ТМГ-250/6	нет	220,01
7	Административно-бытовой корпус	ТМГ-40/6х2	нет	86,45
8	Бетоносмесительный цех №1	ТМГ-160/6х2	нет	183,21
9	Склад горюче-смазочных материалов	ТМГ-40/6	нет	82,12
10	Производственный корпус №2	ТМГ-1000/6х2	нет	427,14
11	Склад эмульсора	ТМГ-40/6	нет	82,55
12	Галереи подачи заполнителей	ТМГ-63/6х2	БСК-6-8	121,64
13	Столовая	ТМГ-250/6х2	нет	222,04
14	Производственный корпус №3	ТМГ-1600/6х2	нет	560,87

Продолжение таблицы 4.1

15	Компрессорная	ТМГ-160/6х2	нет	179,55
16	Бетоносмесительный цех №1	ТМГ-100/6х2	нет	120,44
17	Склад цемента	ТМГ-160/6х2	нет	180,97
18	Склад готовой про- дукции №2	ТМГ-100/6х2	нет	122,32

5 Выбор напряжения внешнего электроснабжения и трансформаторов ГПП

ГПП является источником питания для ЦТП и высоковольтных ЭП. Как правило, могут выполняться на напряжение 35,110 или 220 кВ, в зависимости от мощности предприятия. Небольшие предприятия имеют одну ГПП, крупные предприятия могут иметь две, реже 3 ГПП, особо крупные предприятия имеют 3 и более ГПП. Размещается ГПП вблизи центра электрических нагрузок.

Разновидностью ГПП является подстанция глубокого ввода (ПГВ). ПГВ не имеют распределительного устройства на стороне высшего напряжения и размещается возле цеха с наибольшим потреблением мощности.

Проведем выбор напряжения ГПП предприятия по выражению (5.1):

$$U_{\text{рац}} = 4,34 \sqrt{L_i + 0,0016 \cdot P_{\text{рп}}} \quad (5.1)$$

$U_{\text{рац}}$ – рациональное напряжение питания, кВ;

L_i – длина питающей линии, км;

$P_{\text{рп}}$ – расчетная нагрузка предприятия, кВт.

Рассчитаем максимальную активную нагрузку предприятия по выражению (5.2):

$$P_{\text{рп}} = P_{\text{рн}} + P_{\text{рв}} + P_{\text{осв}} + \Sigma P_{\Delta \text{тр}} \quad (5.2)$$

$P_{\text{рп}}$ – максимальная активная нагрузка предприятия, кВт;

$P_{\text{рн}}$ – расчетная активная нагрузка ЭП 0,4 кВ, кВт;

$P_{\text{рв}}$ – расчетная активная нагрузка ЭП 6 кВ, кВт;

$\Sigma P_{\Delta \text{тр}}$ – расчетные суммарные потери в трансформаторах ЦТП, кВт

Рассчитываем максимальную нагрузку завода ЖБИ по (5.2):

$$P_{\text{рп}} = 7446 + 3160 + 744 + 152 = 11502 \text{ кВт.}$$

Теперь определим рациональное напряжение питания ГПП по выражению (5.1):

$$U_{\text{рац}} = 4,34 \sqrt{4 + 0,0016 \cdot 11502} = 20,54 \text{ кВ}$$

Принимаем напряжение питания равным 35 кВ.

Определим полную максимальную нагрузку предприятия по выражению (5.3):

$$S_{\text{рп}} = \sqrt{P_{\text{рп}}^2 + Q_{\text{рп}}^2} \quad (5.3)$$

$S_{\text{рп}}$ – полная максимальная нагрузка предприятия, кВа;

$Q_{\text{рп}}$ – реактивная максимальная нагрузка, квар.

Определим реактивную максимальную нагрузку по выражению (5.4):

$$Q_{\text{рп}} = P_{\text{рп}} \cdot \text{tg}\varphi \quad (5.4)$$

Рассчитываем реактивную максимальную нагрузку по (5.4):

$$Q_{\text{рп}} = 11502 \cdot 0,23 = 2654 \text{ квар}$$

Рассчитываем полную максимальную нагрузку завода ЖБИ по (5.3):

$$S_{\text{рп}} = \sqrt{11502^2 + 2645^2} = 12756 \text{ кВа}$$

Определяем мощность трансформаторов ГПП предприятия по выражению (5.4):

$$S_{\text{номТ}} = \frac{S_{\text{рп}} \cdot K_{1-2}}{K_{\text{пер}}} \quad (5.4)$$

$S_{\text{номТ}}$ – номинальная мощность трансформаторов ГПП, кВа;

K_{1-2} – коэффициент участия в нагрузке потребителей 1 и 2 категории;

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент допустимой аварийной перегрузки.

Рассчитываем мощность трансформаторов ГПП предприятия по (5.4):

$$S_{\text{номТ}} = \frac{12756 - 0,75}{1,4} = 9110 \text{ кВа.}$$

Выбираем для установки на ГПП два трансформатора типа ТДН-10000/6 производства ООО «Тольяттинский трансформатор».

6 Выбор схемы электроснабжения предприятия и расчет сечения питающих линий

На выбор схемы электроснабжения влияют факторы:

- Категория по надежности электроснабжения;
- Размещение цехов предприятия на генеральном плане;
- Мощности нагрузок цехов предприятия.

Существуют радиальные, магистральные и смешанные схемы электроснабжения. Наиболее применимыми являются смешанные схемы электроснабжения, т.к. они имеют элементы как радиальных так и магистральных схем. Конкретно радиальные схемы нашли широкое применение на предприятиях с большим числом ЭП 1 категории по надежности электроснабжения. На предприятиях имеющих большое количество ЭП с категориями электроснабжения 2 и 3 хорошо применимы магистральные схемы.

Для рассматриваемого завода ЖБИ применима смешанная схема электроснабжения по следующим причинам:

- Имеются ЭП находящиеся на большом удалении от ГПП и запитка которых рациональна по радиальной схеме;
- Имеется группа высоковольтных ЭП, расположенных на одной территории, для которых целесообразно сооружение распределительного пункта (РП) который запитан по радиальной схеме;
- Имеются группы маломощных потребителей расположенных близко друг к другу запитка которых целесообразна по магистральной схеме.

Также необходимо выбрать принципиальную схему ГПП в соответствии с требованиями [6] и [7]. Выбираем схему 35-5АН мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов. Данная схема применяется для тупиковых подстанций, в том числе для ГПП предприятий.

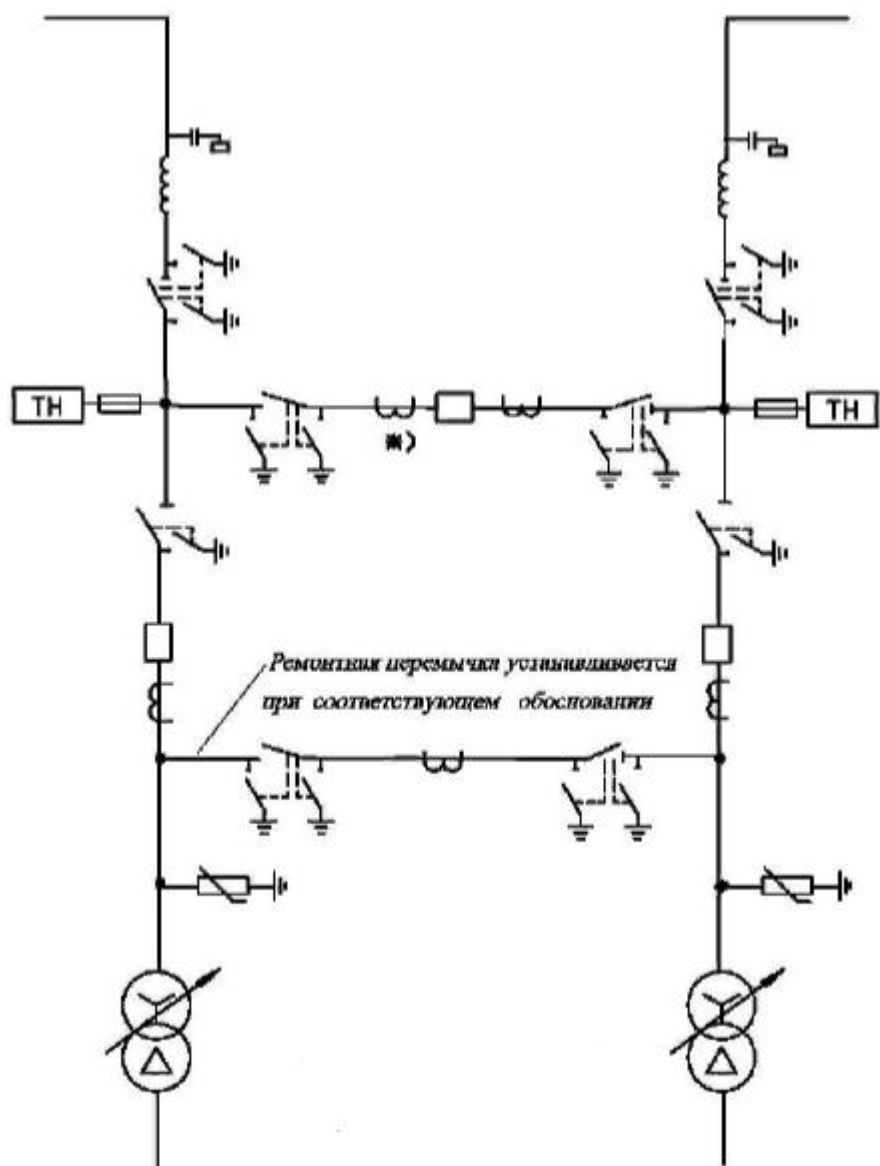


Рисунок 5 – Схема 35-АН

Далее производится выбор сечения, марок и способов прокладки кабельных линий (КЛ) 6 кВ.

Определим расчетный ток в кабельной линии по выражению (6.1):

$$I_{\text{кл}} = \frac{S_{\text{кл}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} \quad (6.1)$$

$I_{\text{кл}}$ – ток в кабельной линии, А;

$S_{\text{кл}}$ – полная мощность протекающая по кабельной линии, кВа;

Рассчитываем ток в кабельной линии ГПП-столовая учитывая ток в КЛ Столовая-Административно-бытовой корпус по (6.1):

$$I_{\text{кл}} = \frac{283+36}{3 \cdot 6} = 31 \text{ А.}$$

Теперь выберем способ прокладки кабельной линии с учетом всех факторов. Выбираем способ прокладки в земле.

Сечение определяем в соответствии с [8]. Выбираем сечение кабеля 16 мм и марку кабеля АСБГ-3х16.

Выбор остальных кабельных линий производится аналогично. Данные сведены в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Выбор кабелей для прокладки на заводе ЖБИ

Наименование КЛ	Ток в КЛ, А	Сечение КЛ, мм ²	Способ прокладки	марка кабеля
ГПП-Котельная	127	35	в земле, под полом	АСБГ-3х35
Котельная-Насосная станция	24	16	в земле, под полом	АСБГ-3х16
ГПП-Склад готовой продукции №1	24	16	в земле, под полом	АСБГ-3х16
Склад готовой продукции №1-Ремонтно-механический цех	15	16	в земле, под полом	АСБГ-3х16
ГПП-РП компрессорной	646	2х240	в земле, под полом	АСБГ-3х240
РП компрессорной - Производственный корпус №1	150	50	в земле, под полом	АСБГ-3х50

Продолжение таблицы 6.1

РП компрессорной - Бетоносмесительный цех №1	15	16	в земле	АСБГ-3x16
РП компрессорной - Производственный корпус №2	126	50	в земле	АСБГ-3x50
РП компрессорной - Компрессорная	19	16	в земле	АСБГ-3x16
РП компрессорной - Бетоносмесительный цех №2	10	16	в земле	АСБГ-3x16
РП компрессорной - склад цемента	17	16	в земле	АСБГ-3x16
РП компрессорной- Компрессор №1	60	25	в земле	АСБГ-3x25
РП компрессорной- Компрессор №2	60	25	в земле	АСБГ-3x25
РП компрессорной- Компрессор №3	60	25	в земле	АСБГ-3x25
РП компрессорной- Компрессор №4	60	25	в земле	АСБГ-3x25
РП компрессорной- Компрессор №5	60	25	в земле	АСБГ-3x25
РП компрессорной- Компрессор №6	60	25	в земле	АСБГ-3x25
ГПП- Производственный корпус №3	318	240	в земле	АСБГ- 3x240

Продолжение таблицы 6.1

Производственный корпус №3-Склад готовой продукции №2	13	16	в земле	АСБГ-3x16
ГПП-Склад эмульсора	12	16	в земле	АСБГ-3x16
Склад эмульсора-Склад горюче-смазочных материалов	10	16	по эстокаде, в земле	АСБГ-3x16
Склад горюче-смазочных материалов-Галереи подачи заполнителей	7	16	по эстокаде, в земле	АСБГ-3x16

7 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания (КЗ) необходим для выбора электрооборудования такого как:

- Автоматические выключатели;
- Высоковольтные силовые выключатели;
- Разъединители;
- Измерительные трансформаторы;

Также расчет токов КЗ необходим для проверки кабелей на термическую стойкость.

Расчет токов КЗ выполняется в соответствии с ГОСТ Р 52735-2007 [9].

Вначале определим расчетные сопротивления элементов схемы. Для этого необходимо составить расчетную схему и схему замещения.

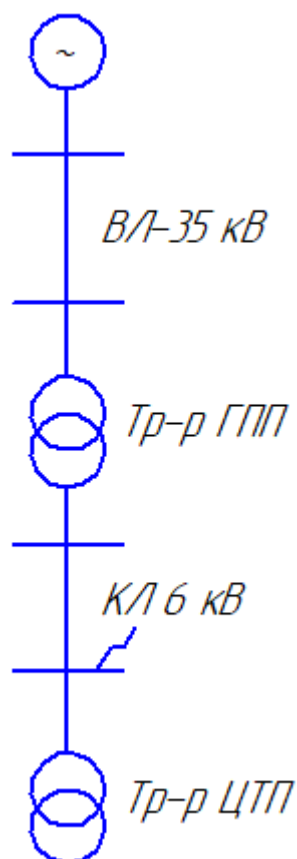


Рисунок 7 – Расчетная схема

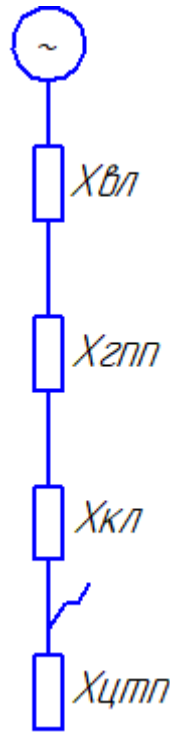


Рисунок 8 – Схема замещения

Рассчитаем токи КЗ на стороне 6 кВ.

Определим реактивное сопротивление энергосистемы в относительных единицах (о.е.) по формуле (7.1):

$$x_c = \frac{S_б}{S_k} \quad (7.1)$$

x_c – сопротивление энергосистемы, о.е.;

S_k – мощность трехфазного КЗ, МВА;

$S_б$ – базисная мощность, МВА

Рассчитаем реактивное сопротивление энергосистемы по (7.1):

$$x_c = \frac{1000 \cdot 10^3}{1250 \cdot 10^3} = 0,8 \text{ о.е.}$$

Определим сопротивление КЛ 6 кВ по формуле (7.2):

$$x_{л} = x_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_б}{U_{ср}^2} \quad (7.2)$$

$x_{л}$ – сопротивление кабельной линии линии, о.е.;

$x_{уд}$ – удельное сопротивление линии питающей подстанцию, Ом/км;

l – длина линии, км;

Рассчитываем сопротивление КЛ 6 кВ ГПП-Котельная по (7.2):

$$x_{л} = 0,087 \cdot 320 \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{(6,3 \cdot 10^3)^2} = 0,7 \text{ Ом}$$

Определим сопротивление ВЛ 35 кВ по выражению (7.2):

$$x_{л} = 0,359 \cdot 4000 \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{(35 \cdot 10^3)^2} = 1,17 \text{ Ом}$$

Определим сопротивление трансформатора ЦТП по выражению (7.3):

$$x_{т} = \frac{U_{к\%}}{100} \cdot \frac{S_{б}}{S_{номт}} \quad (7.3)$$

$x_{т}$ – сопротивление трансформатора, Ом

$U_{к}$ – напряжение КЗ, %;

Рассчитаем сопротивление трансформатора по (7.3):

$$x_{т} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{1000 \cdot 10^3} = 0,055 \text{ Ом}$$

Определим сопротивление трансформатора на ГПП по (7.3):

$$x_{т} = \frac{8}{100} \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{10000 \cdot 10^3} = 0,008 \text{ Ом}$$

Определим базисный ток по выражению (7.4):

$$I_{б} = \frac{S_{б}}{3 \cdot U_{б}} \quad (7.4)$$

$I_{б}$ – базисный ток,

$U_{б}$ – базисное напряжение.

Рассчитываем базисный ток по (7.3):

$$I_{б} = \frac{1000 \cdot 10^3}{3 \cdot 6,3 \cdot 10^3} = 91,75 \text{ кА.}$$

Теперь определим значение периодической составляющей по выражению (7.5):

$$I_{п0} = \frac{E''}{x_{рез}} \cdot I_6 \quad (7.5)$$

$I_{п0}$ – ток периодической составляющей, кА;

E'' – сверхпереходная ЭДС

$x_{рез}$ – результирующее сопротивление. Ом.

Рассчитываем значение периодической составляющей тока КЗ КЛ ГПП-Котельная по (7.5):

$$I_{п0} = \frac{1}{2,73} \cdot 91,75 = 33 \text{ кА.}$$

Расчет остальных токов КЗ ведется аналогично.

Выполним расчет токов КЗ на стороне 35 кВ.

Определим базисный ток на стороне 35 кВ по (7.4):

$$I_6 = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 10^3} = 16,51 \text{ кА.}$$

Теперь определим значение периодической составляющей тока КЗ по (7.5):

$$I_{п0} = \frac{1}{1,97} \cdot 16,51 = 8,38 \text{ кА.}$$

Определим ударные токи на сторонах 6 кВ и 35 кВ по выражению (7.6):

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot K_{уд} \quad (7.6)$$

$i_{уд}$ – ударный ток КЗ, кА;

$K_{уд}$ – ударный коэффициент.

Рассчитываем ударный ток КЗ по (7.6) на стороне 6 кВ:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 33 \cdot 1,1 = 48 \text{ кА}$$

Рассчитываем ударный ток КЗ по (7.6) на стороне 35 кВ:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 8,38 \cdot 1,3 = 15,3 \text{ кА}$$

Данные расчета сведены в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты расчета токов КЗ

ЦТП, РП	$I_{п0}$, кА	$i_{уд}$, кА
Котельная	33	48
Насосная станция	30	48
Ремонтно-механический цех	27	45
Склад готовой продукции №1	32	48
Производственный корпус №1	28	47
Склад заполнителей	26	43
Административно- бы- товой корпус	33	48
Бетоносмесительный цех №1	27	45
Склад горюче- смазочных материалов	25	42
Производственный кор- пус №2	28	47
Склад эмульсора	26	43
Галереи подачи запол- нителей	25	42
Столовая	33	48
Производственный кор- пус №3	26	43
Компрессорная	28	47
Бетоносмесительный цех №2	24	40
Склад цемента	26	43
Склад готовой продук- ции №2	29	46
РП компрессорной	28	47

Теперь выполним расчет токов КЗ для высоковольтных электродвигателей компрессорной.

Определим сверхпереходное индуктивное сопротивление синхронного электродвигателя по выражению (7.7):

$$X_{сд}'' = \frac{1}{K_{п}} \cdot \frac{U_{ном}^2 \cdot \cos\varphi \cdot \eta}{P_{ном}}, \quad (7.7)$$

$X_{сд}$ – сверхпереходное сопротивление синхронного электродвигателя;

$K_{п}$ – кратность пускового момента;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение электродвигателя, кВ

η – коэффициент полезного действия, %;

$P_{ном}$ – номинальная мощность синхронного электродвигателя, МВт.

Рассчитываем сверхпереходное индуктивное сопротивление синхронного электродвигателя по (7.7):

$$X_{сд}'' = \frac{1}{5,8} \cdot \frac{6^2 \cdot 0,89 \cdot 0,93}{0,63} = 8,15 \text{ Ом.}$$

Определим ток подпитки КЗ от синхронного электродвигателя по выражению (7.8):

$$I_{п} = \frac{U_{ном}}{X_{сд}'' + X_{д}} \quad (7.8)$$

$I_{п}$ – ток подпитки КЗ от синхронного электродвигателя, кА.

Определяем ток подпитки КЗ от синхронного электродвигателя по (7.8):

$$I_{п} = \frac{6}{8,15 + 0,9} = 0,66 \text{ кА}$$

8 Выбор электрооборудования

В данном пункте производится выбор электрооборудования для завода ЖБИ. Выбирается следующее электрооборудование:

- Высоковольтные силовые выключатели;
- Измерительные трансформаторы;
- Разъединители;
- Предохранители;
- Ошиновка для ГПП;
- Оборудование комплектных распределительных устройств (КРУ);
- Оборудование комплектных трансформаторных подстанций (КТП).

При выборе электрооборудования нужно стремиться выбирать комплектное оборудование. Как правило, такое электрооборудование поставляется уже в собранном или подготовленном к сборке виде. Это позволяет производить монтаж электрооборудования с минимальными затратами времени.

8.1 Выбор выключателей для ГПП и РП компрессорной

Произведем выбор силовых высоковольтных выключателей для ГПП и РП компрессорной. Выбор выключателей производится по номинальному току, номинальному напряжению, току срабатывания при КЗ. Для установки в КРУ 6 кВ ГПП и в КРУ 6 кВ РП компрессорной используем выключатели ВВУ-СЭЩ-10 производства ЗАО «Электроцит-Самара».

Определим апериодическую составляющую тока КЗ которую способен выдержать выключатель по выражению (8.1):

$$i_{a, \text{ном}} = \sqrt{2} \cdot \frac{\beta_{\text{нор}}}{100} \cdot I_{\text{откл. ном}} \quad (8.1)$$

$i_{a, \text{ном}}$ – апериодическая составляющая тока КЗ по паспортным данным выбранного выключателя, кА;

$\beta_{\text{нор}}$ – нормативный коэффициент аperiodической составляющей тока КЗ;

$I_{\text{откл. ном}}$ – номинальный ток отключения выбранного выключателя, кА.

Рассчитываем аperiodическую составляющую тока КЗ которую способен выдержать выключатель по (8.1):

$$i_{\text{а.ном}} = \sqrt{2} \cdot \frac{40}{100} \cdot 50 = 28,2 \text{ кА.}$$

Рассчитаем аperiodическую составляющую тока КЗ которую способен выдержать выключатель при протекании расчетного тока КЗ для присоединения котельная по (8.1):

$$i_{\text{а.ном}} = \sqrt{2} \cdot \frac{40}{100} \cdot 48 = 27,1 \text{ кА.}$$

Теперь определим тепловой импульс тока КЗ по выражению (8.2):

$$W_{\text{к}} = I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} \quad (8.2)$$

$W_{\text{к}}$ – тепловой импульс тока КЗ, кА²·с

I_{T} – ток термической стойкости выключателя, кА;

t_{T} – время протекания тока термической стойкости, с.

Рассчитываем тепловой импульс по (8.2) для присоединения котельная:

$$W_{\text{к}} = 50^2 \cdot 3 = 7500 \text{ кА}^2/\text{с.}$$

Теперь определим тепловой импульс тока КЗ по (8.2) при протекании расчетного тока КЗ через присоединение котельная:

$$W_{\text{к}} = 48^2 \cdot 3 = 6912 \text{ кА}^2/\text{с.}$$

Выбранные выключатели приведены в таблице 8.1

Таблица 8.1 – Выбранные выключатели для КРУ 6 кВ ГПП

Присоединение	Тип выключателя	Расчетные значения					Паспортные значения				
		U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл. ном} , кА	i _{а. ном} , кА	B _к	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл. ном} , кА	i _{а. ном} , кА	B _к
Котельная	ВВУ-СЭЩ-10	6	127	48	27,1	691 2	6	100 0	50	28,2	750 0
Склад готовой продукции №1	ВВУ-СЭЩ-10	6	24	48	27,1	691 2	6	100 0	50	28,2	750 0
РП компрессорной	ВВУ-СЭЩ-10	646	332	47	25,9	644 2	6	100 0	50	28,2	750 0
Производственный корпус №3	ВВУ-СЭЩ-10	6	318	43	22,6	576 5	6	100 0	50	28,2	750 0
Склад эмульсора	ВВУ-СЭЩ-10	6	12	43	22,6	576 5	6	100 0	50	28,2	750 0
Столовая	ВВУ-СЭЩ-10	6	31	48	27,1	691 2	6	100 0	50	28,2	750 0

Выключатели выбранные для РП компрессорной приведены в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Выбранные выключатели для РП компрессорной

Присоединение	Тип выключателя	Расчетные значения					Паспортные значения				
		U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл. ном} , кА	i _{а. ном} , кА	B _к	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл. ном} , кА	i _{а. ном} , кА	B _к
Склад цемента	ВВУ-СЭЩ-10	6	17	43	22,6	5765	6	100 0	50	28,2	750 0
Компрессорная	ВВУ-СЭЩ-10	6	19	47	25,9	6442	6	100 0	50	28,2	750 0
Бетоносмесительный цех №2	ВВУ-СЭЩ-10	6	10	40	18,3	4561	6	100 0	50	28,2	750 0
Бетоносмесительный цех №1	ВВУ-СЭЩ-10	6	15	45	23,6	6223	6	100 0	50	28,2	750 0
Производственный корпус №2	ВВУ-СЭЩ-10	6	126	47	25,9	6442	6	100 0	50	28,2	750 0
Производственный корпус №1	ВВУ-СЭЩ-10	6	150	47	25,9	6442	6	100 0	50	28,2	750 0
Компрессор №1	ВВУ-СЭЩ-10	6	60	0,6 6	0,37 2	0,41 5	6	100 0	50	28,2	750 0
Компрессор №2	ВВУ-СЭЩ-10	6	60	0,6 6	0,37 2	0,41 5	6	100 0	50	28,2	750 0
Компрессор №3	ВВУ-СЭЩ-10	6	60	0,6 6	0,37 2	0,41 5	6	100 0	50	28,2	750 0
Компрессор №4	ВВУ-СЭЩ-10	6	60	0,6 6	0,37 2	0,41 5	6	100 0	50	28,2	750 0
Компрессор №5	ВВУ-СЭЩ-10	6	60	0,6 6	0,37 2	0,41 5	6	100 0	50	28,2	750 0
Компрессор №6	ВВУ-СЭЩ-10	6	60	0,6 6	0,37 2	0,41 5	6	100 0	50	28,2	750 0

В таблице 8.3 приведены выключатели выбранные для ОРУ 35 кВ ГПП.

Таблица 8.3 – Выбранные выключатели для ОРУ 35 кВ ГПП

Тип выключателя	Расчетные значения					Паспортные значения				
	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл. ном} , кА	i _{а.ном} , кА	B _к	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл. ном} , кА	i _{а.ном} , кА	B _к
ВВН-СЭЩ-35	35	210	8,15	4,5	199	6	1000	25	14,1	1875
ВВН-СЭЩ-35	35	210	8,15	4,5	199	6	1000	25	14,1	1875

8.2 Выбор измерительных трансформаторов

Далее производим выбор измерительных трансформаторов напряжения и тока для ГПП, РП компрессорной.

Необходимо определить вторичную нагрузку трансформатора напряжения по выражению (8.3):

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2} \quad (8.3)$$

$S_{2\Sigma}$ – суммарная полная мощность приборов подключенных к трансформатору напряжения, ВА;

$P_{\text{приб}}$ – активная мощность приборов подключенных к трансформатору напряжения, Вт;

$Q_{\text{приб}}$ – реактивная мощность приборов подключенных к трансформатору напряжения, вар.

Рассчитываем вторичную нагрузку трансформатора напряжения для ГПП по (8.3):

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{7,88^2 + 4,33^2} = 8,99 \text{ ВА}$$

Вторичная нагрузка для трансформаторов напряжения на напряжение 6 кВ определяется аналогично.

К установке примем трансформаторы напряжения типа НОЛ-СЭЩ-10 и НОЛ-СЭЩ-35.

Параметры выбранных трансформаторов напряжения приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Выбранные трансформаторы напряжения

Место установки	Тип трансформатора напряжения	Расчетные значения		Паспортные значения	
		$U_{ном}$, кВ	$S_{2\Sigma}$, ВА	$U_{ном}$, кВ	$S_{2\Sigma}$, ВА
ГПП	НОЛ-СЭЩ-35	35	8,99	35	600
РП компрессорной	НОЛ-СЭЩ-10	6	6,36	6	600

Выбранные трансформаторы тока для присоединений 6 кВ ГПП приведены в таблице 8.5. К установке на ГПП в КРУ 6 кВ и РП компрессорной принимаются трансформаторы тока типа ТОЛ-СЭЩ-35 и ТШЛ-СЭЩ-10 соответственно.

Таблица 8.5 – Выбранные трансформаторы тока для присоединений 6 кВ ГПП

Место установки	Тип трансформатора тока	Расчетные значения					Паспортные значения				
		$I_{ном1}$, А	$I_{ном2}$	$I_{эс}$, кА	B_k	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном1}$, А	$I_{ном2}$	$I_{эс}$, кА	B_k	$U_{ном}$, кВ
ОРУ 35 кВ	ТОЛ-СЭЩ-35	210	3,5	8,15	199	35	300	5	102	31212	35
Котельная	ТШЛ-СЭЩ-10	127	3,6	48	6912	6	1000	5	102	31212	6
Склад готовой продукции №1	ТШЛ-СЭЩ-10	24	2,4	48	6912	6	1000	5	102	31212	6
РП компрессорной	ТШЛ-СЭЩ-10	647	4,6	47	6442	6	1000	5	102	31212	6
Производственный корпус №3	ТШЛ-СЭЩ-10	318	3,8	43	5765	6	1000	5	102	31212	6
Склад эмульсора	ТШЛ-СЭЩ-10	12	1,6	43	5765	6	1000	5	102	31212	6
Столовая	ТШЛ-СЭЩ-10	31	1,8	48	6912	6	1000	5	102	31212	6

В таблице 8.6 приведены выбранные трансформаторы тока для присоединений РП компрессорной.

Таблица 8.6 – Выбранные трансформаторы тока для присоединений РП компрессорной

Место установки	Тип трансформатора тока	Расчетные значения					Паспортные значения				
		$I_{ном1}$, А	$I_{ном2}$	$I_{эс}$, кА	B_k	$U_{но м, кВ}$	$I_{ном1}$, А	$I_{ном2}$	$I_{эс}$, кА	B_k	$U_{но м, кВ}$
Склад цемента	ТШЛ-СЭЩ-10	17	3,5	43	5765	6	1000	5	102	31212	6
Компрессорная	ТШЛ-СЭЩ-10	19	3,6	47	6442	6	1000	5	102	31212	6
Бетоносмесительный цех №2	ТШЛ-СЭЩ-10	10	2,4	40	4561	6	1000	5	102	31212	6
Бетоносмесительный цех №1	ТШЛ-СЭЩ-10	15	4,6	45	6223	6	1000	5	102	31212	6
Производственный корпус №2	ТШЛ-СЭЩ-10	126	3,8	47	6442	6	1000	5	102	31212	6
Производственный корпус №1	ТШЛ-СЭЩ-10	150	1,6	47	6442	6	1000	5	102	31212	6
Компрессор №1	ТШЛ-СЭЩ-10	60	1,8	0,66	0,415	6	1000	5	102	31212	6
Компрессор №2	ТШЛ-СЭЩ-10	60	1,8	0,66	0,415	6	1000	5	102	31212	6
Компрессор №3	ТШЛ-СЭЩ-10	60	1,8	0,66	0,415	6	1000	5	102	31212	6
Компрессор №4	ТШЛ-СЭЩ-10	60	1,8	0,66	0,415	6	1000	5	102	31212	6
Компрессор №5	ТШЛ-СЭЩ-10	60	1,8	0,66	0,415	6	1000	5	102	31212	6
Компрессор №6	ТШЛ-СЭЩ-10	60	1,8	0,66	0,415	6	1000	5	102	31212	6

8.3 Выбор разъединителей

В таблице 8.7 приведены выбранные разъединители. Разъединитель – это коммутационный аппарат необходимый для создания видимого разрыва в

электрической цепи. Видимый разрыв нужен для обеспечения безопасного проведения ремонтных работ.

К установке на ГПП принимаются разъединители типа РГП-СЭЩ-35, на стороне ВН ЦТП к установке принимаются разъединители типа РЛНД-10.

Таблица 8.7 – Выбранные разъединители

Место установки	Тип разъединителя	Паспортные значения				Расчетные значения			
		U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{эс} , кА	B _к	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{эс} , кА	B _к , кА ² /с
ГПП	РГП-СЭЩ-35	35	1000	50	7500·10 ⁶	35	210	8,15	199
Котельная	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	127	48	6912
Насосная станция	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	24	48	6912
Склад готовой продукции №1	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	24	48	6912
Ремонтно-механический цех	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	15	48	6912
Производственный корпус №3	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	318	43	5765
Склад готовой продукции №2	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	13	43	5765
Склад эмульсора	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	12	43	5765
Склад ГСМ	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	10	43	5765
Галереи подачи заполнителей	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	7	43	5765
Столовая	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	31	48	6912
АБК	РЛНД-10	6	1000	50	7500·10 ⁶	6	3	48	6912

8.4 Выбор предохранителей

Выберем предохранители. Предохранители являются защитными элементами в электрической цепи. При протекании тока больше чем расчетный ток предохранителя его плавкая вставка разрывается тем самым разрывая электрическую цепь.

Выбранные предохранители приведены в таблице 8.8.

Таблица 8.8 – Результаты выбора предохранителей

Место установки	Тип предохранителя	Номинальный ток, А	Ток отключения, кА	Номинальное напряжение, кВ	Назначение
ГПП	ПКН-101	8	12,5	35	Защита ТН
РП компрессорной	ПКН-101	10	12,5	6	Защита ТН
Котельная	ПКТ-101	160	12,5	6	Защита силового трансформатора

Продолжение таблицы 8.8

Насосная станция	ПКТ-101	31,5	12,5	6	Защита силового трансформатора
Склад готовой продукции №1	ПКТ-101	31,5	12,5	6	Защита силового трансформатора
Ремонтно-механический цех	ПКТ-101	20	12,5	6	Защита силового трансформатора
Производственный корпус №3	ПКТ-104	400	12,5	6	Защита силового трансформатора
Склад готовой продукции №2	ПКТ-101	16	12,5	6	Защита силового трансформатора
Склад эмульсора	ПКТ-101	16	12,5	6	Защита силового трансформатора
Склад ГСМ	ПКТ-101	16	12,5	6	Защита силового трансформатора
Столовая	ПКТ-101	40	12,5	6	Защита силового трансформатора
АБК	ПКТ-101	5	12,5	6	Защита силового трансформатора

8.5 Выбор ошиновки для ОРУ 35 кВ ГПП

Выберем ошиновку для ГПП завода ЖБИ.

Ошиновка необходима для соединения электрических аппаратов на подстанциях между собой. Материалом для ошиновки как правило, служит алюминий. Выполняется ошиновка гибкими шинами или жесткими шинами. Для ГПП завода ЖБИ примем гибкие шины.

Определим сечение гибких шин на стороне 35 кВ ГПП по экономической плотности тока по выражению (8.4):

$$S = \frac{I_{\text{НОМ}}}{J_{\text{ЭК}}} \quad (8.4)$$

$J_{\text{ЭК}}$ – экономическая плотность тока, А/мм²;

S – сечение проводника, мм².

Определяем сечение гибких шин на стороне 35 кВ ГПП по экономической плотности тока по (8.4):

$$S = \frac{210}{1} = 210 \text{ мм}^2.$$

Выбираем для ошиновки ГПП сталеалюминевый провод марки АС-240 сечением 240 мм².

Проверим выбранную шину по условиям нагрева длительно допустимым током по выражению (8.5):

$$I_{\text{доп}} < I_{\text{ном}} \quad (8.5)$$

$$210 < 610$$

Выбранное для ошиновки ГПП сечение подходит по условиям нагрева длительно допустимым током.

Проверим выбранное сечение ошиновки ГПП по условиям коронирования по выражениям (8.5) и (8.6):

$$E_0 = 30,3 \cdot m \left(1 + \frac{0,299}{r_0} \right) \quad (8.5)$$

E_0 – критическая напряженность, кВ/см;

m – коэффициент шероховатости шины;

r_0 – радиус провода, см.

$$E = \frac{0,345 \cdot U}{r_0 \cdot \lg \frac{D_{\text{срг}}}{r_0}} \quad (8.6)$$

E – напряженность вокруг провода, кВ/см;

$D_{\text{срг}}$ – среднее геометрическое расстояние между проводами, см

Проверяем сечение ошиновки ГПП по условиям коронирования по (8.5) и (8.6):

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{0,144} \right) = 46,40 \text{ кВ/см}$$

$$E = \frac{0,345 \cdot 38,5}{0,144 \cdot 2,11} = 43,71 \text{ кВ/см}$$

Проверим выбранные шины по условиям отсутствия короны по выражению (8.7):

$$1,07E \leq 0,9E_0 \quad (8.7)$$

$$1,07 \cdot 43,71 < 0,9 \cdot 46,40$$

Вокруг выбранных шин коронирования не возникает.

8.6 Выбор КРУ 6 кВ для ГПП и РП компрессорной

Как правило, КРУ поставляется в полностью собранном виде. Это сокращает время монтажа оборудования. Современные КРУ имеют преимущество перед старыми образцами распределительных устройств:

- Микропроцессорная релейная защита;
- Применение вакуумных выключателей;
- Облегчение конструкций;
- Более высокая степень обеспечения безопасности персонала и оборудования.

Для монтажа на ГПП и в РП компрессорной примем КРУ СЭЩ-70 производства ЗАО «Электроцит Самара».

8.7 Выбор КТП 6 кВ

КТП имеют ряд преимуществ по сравнению с обычными ТП:

- Простота монтажа;
- Простота эксплуатации;
- Простота в ремонте.

Для монтажа в качестве КТП принимаем КТП-СЭЩ-70 производства ЗАО «Электроцит Самара».

9 Монтаж электрооборудования

В данном пункте рассмотрим вопрос проведения монтажных работ при прокладке кабельных линий и установки распределительных трансформаторов. Монтажные работы проводятся в рамках строительства завода ЖБИ.

Прокладка кабельных линий на заводе ЖБИ осуществляется в земле. Этот способ прокладки является наиболее простым, т.к:

- значительное удешевление стоимости КЛ;
- снижается сложность ремонта;
- занимает мало пространства.

Кроме того прокладка кабельных линий в земле значительно проще, чем в кабельных галереях, по той причине, что нет необходимости в строительстве кабельных галерей.

Прокладка кабельных линий в земле включает в себя следующие этапы работ:

- 1) раскопка траншеи;
- 2) установка барабана (катушки) с кабелем;
- 3) подъем барабана для свободного вращения;
- 4) протяжка кабеля параллельно проектной трассе;
- 5) выполнение заземления кабельной линии;
- 6) испытание кабельной линии на соответствие требованиям, указанным в ПУЭ.

На заводе ЖБИ монтируются масляные трансформаторы.

При монтаже масляных трансформаторов выполняются следующие операции:

- 1) выгрузка трансформатора краном;
- 2) осмотр трансформатора;
- 3) установка трансформатора на фундамент;
- 4) Монтаж радиаторов системы охлаждения;
- 5) Заливка трансформаторным маслом;

- б) чистка трансформатора от грязи и пыли;
- 7) присоединение трансформатора к питающей кабельной линии и к шинам НН распределительного устройства ЦТП;
- 8) проведение приемо-сдаточных испытаний трансформатора на соответствие требованиям указанным в ПУЭ.



Рисунок 9 – Монтаж КТП

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен проект реконструкции электрооборудования и электрохозяйства завода по производству железобетонных конструкций.

На первом этапе выполнен расчет электрических нагрузок заводу. Полученные результаты расчета электрических нагрузок использованы для выбора трансформаторов, сечения жил кабельных линий системы электроснабжения завода.

Выполнен выбор напряжения внутреннего электроснабжения и внешнего электроснабжения. Напряжение внутреннего электроснабжения принято равным 6 кВ, внешнего – 35 кВ.

В качестве трансформаторов приняты к установке масляные трансформаторы типа ТМГ с линейкой мощностей от 40 кВА до 1600 кВА. Для ГПП выбраны 2 трансформатора типа ТДН-10000/35.

На втором этапе по рассчитанным электрическим нагрузкам проведен выбор сечения и марки кабелей. К установке приняты кабели марки АСБГс линейкой сечений от 16 мм² до 240 мм².

На третьем этапе выполнен расчет токов трехфазного короткого замыкания. Полученные в расчете значения использованы для выбора электрических аппаратов, таких как выключатели, измерительные трансформаторы, разъединители и др. В работе приняты к установке вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-10 производства ЗАО «Электрощит-Самара». Преимуществом вакуумных выключателей является пожаробезопасность, простота обслуживания и монтажа. В качестве трансформаторов тока к установке приняты трансформаторы тока типа ТОЛ-СЭЩ-35 и ТШЛ-СЭЩ-10.

В качестве разъединителей к установке приняты РЛНД-10 и РГП-СЭЩ-35

При проектировании системы электроснабжения завода использовались современные и актуальные нормы проектирования и руководящие документы перечень которых представлен в списке использованных источников.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы спроектирована система электроснабжения завода, отвечающая требованиям надежности и качества электроснабжения.

Выполнена графическая часть в виде 6 чертежей формата А1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок промышленных предприятий. М: ОАО Тяжпромэлектропроект, 1992. 9 с.
2. Вахнина В.В. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий: учеб. метод. пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования. Тольятти: ТГУ, 2004. 90 с.
3. М788-1069 Справочные данные по расчетным коэффициентам электрических нагрузок. М: Тяжпромэлектропроект. 1990. 73 с.
4. Нормы технологического проектирования электроснабжения промышленных предприятий. М: ОАО Тяжпромэлектропроект, 1994. 70 с.
5. РТМ 36.18.32.6-92 Указания по проектированию установок компенсации реактивной мощности в электрических сетях общего назначения промышленных предприятий. М: ОАО Тяжпромэлектропроект, 1993. 32 с.
6. СТО 56947007-29.240.30.047-2010 Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. М: ОАО ФСК ЕЭС, 2010. 128 с.
7. СТО 56947007 29.240.30.010-2008 Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения. М.: ОАО ФСК ЕЭС, 2007. 132 с.
8. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Новосибирск: Норматика, 2016. 464 с.
9. РД 153.34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М: ОАО РАО ЕЭС России, 1998. 131 с.
10. Готман В.И. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. Томск: ТПУ, 2013. 120 с.

11. Степкина Ю.В. Проектирование электрической части пониженной подстанции: учеб. метод. пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования. Тольятти: ТГУ, 2007. 124 с.
12. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учеб.-метод. пособие для практических занятий и курсового проектирования. Тольятти; ТГУ 2007. 54 с.
13. Киреева Э.А. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. М: Кнорус, 2017. 368 с.
14. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие. М: Инфра-М, 2013. 271 с.
15. Годжелло А.Г., Розанов Ю.К. Электрические и электронные аппараты. М: Издательский центр Академия, 2010. 352 с.
16. Zakhidov R. An Approach to the Creation of the Adaptive Control System for Integration of Nonsteady Power Sources into a Common Electric Power Grid // Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management. 2016. №1. P. 563-574.
17. Tang W.H., Wu Q.H. Condition monitoring and assessment of power transformers using computational intelligence. Liverpool: The University of Liverpool, 2011. 194 p.
18. Асинхронные двигатели. Самара: СГТУ, 2008. 142 с.
19. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. М: Интермет Инжиниринг, 2006. 672 с.
20. Riley J. System relay protection. // Competition and choice in electricity. Seattle, 2016. p. 211-220.
21. Shaohua C., Biyan M. A comprehensive and quantitative calculation of the reliability of relay protection systems // Competition and choice in electricity. Seattle, 2016. p. 101-115.
22. Jensen C. F. Online Location of Faults on AC Cables in Underground Transmission Systems. Alborg: Department of Energy Technology, 2014. p. 221.

23. Лизунов С.Д., Лоханин А.К. Силовые трансформаторы: справочная книга. М: ГУП ВЭИ, 2004. 616 с.

24. Макаричев Ю.А., Овсянников В.Н. Синхронные машины. Самара: СГТУ, 2010. 156 с.

25. ГОСТ Р-55025-2012 Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение от 6 до 35 кВ включительно. Общие технические условия. М: Стандартинформ, 2012. 35 с.