

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения завода бурового оборудования

Обучающийся

В.Н. Ворона

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., А.Г. Сорокин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

В выпускной квалификационной работе выполнен проект системы электроснабжения завода бурового оборудования.

Для достижения поставленной цели в представленной работе методом коэффициента спроса рассчитаны электрические нагрузки группы цехов агрегатного завода. На основании рассчитанных электрических нагрузок выбрано число и мощность цеховых трансформаторов и компенсирующих устройств. На основе расчетов выбраны схемы внешнего и внутреннего электроснабжения и определены марка и сечение распределительной кабельной сети, которая выполнена по смешанной схеме. По расчетным нагрузкам выбрано число и мощность трансформаторов главной понижающей подстанции и в соответствии с действующими нормами и стандартами выбрано основное коммутационно-защитное оборудование.

Рассчитаны токи короткого замыкания в заданных точках распределительной сети предприятия, по которым были проверены электрические аппараты. Аппараты были проверены по условию номинального напряжения, тока, термической и электродинамической стойкости. Автоматические выключатели также были проверены на отключающую способность, а трансформаторы тока и напряжения были проверены на условие полной мощности вторичной нагрузки приборов.

Выпускная квалификационная работа состоит из текстовой и графической части. Текстовая часть представлена в виде пояснительной записки выполненной на 47 страницах. Пояснительная записка также содержит 11 таблиц, 3 рисунка. Список использованных источников включает в себя 25 наименований, в том числе 5 на английском языке.

Графическая часть выполнена на 6 чертежах формата А1.

Содержание

Введение	4
1 Краткая характеристика объекта проектирования	5
2 Расчет электрических нагрузок завода бурового оборудования	7
3 Выбор высоковольтных электродвигателей	18
4 Выбор распределительных трансформаторов	22
5 Выбор кабелей	28
6 Расчет токов короткого замыкания	31
7 Выбор электрических аппаратов завода бурового оборудования	35
Заключение	43
Список используемых источников.....	45

Введение

«Проектируемая система электроснабжения завода бурового оборудования должна обеспечивать подачу электроэнергии в необходимом количестве и соответствующего качества от энергосистемы к производственным установкам и механизмам»[1].

Целью выпускной квалификационной работы является выполнение проекта электроснабжения завода бурового оборудования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Провести расчеты электрических нагрузок;
- провести выбор высоковольтных электродвигателей;
- провести выбор распределительных трансформаторов, отдавая предпочтение сухим трансформаторам;
- провести выбор кабелей;
- провести расчет токов короткого замыкания;
- провести выбор выключателей, отдавая предпочтение вакуумным выключателям, выбор измерительных трансформаторов, отдавая предпочтение трансформаторам с литой изоляцией.

Со временем эксплуатируемое электрооборудование систем электрохозяйства промышленных предприятий подвергается моральному и физическому износу и это влечет за собой повышенные потери активной мощности в системе электрооборудования и электрохозяйства, высокую стоимость обслуживания электрооборудования, а так же высокий уровень опасности для жизни персонала обслуживающего электрохозяйство аммиачного производства. Для того чтобы повысить эффективность работы системы электрооборудования и электрохозяйства предприятий периодически проводятся реконструкции.

1 Краткая характеристика объекта проектирования

Объектом проектирования является система электроснабжения завода бурового оборудования.

От самих РП получают питание цеховые ТП и высоковольтные электроприемники (высоковольтные синхронные и асинхронные двигатели). Исходные данные по цехам приведены в таблице 1. План завода бурового оборудования представлен на рисунке 1.

Таблица 1–Исходные данные по цехам

№ цеха	Название цеха	Категория	0,38 кВ	K_C	$\cos\varphi$	$tg\varphi$
1	Сварочный цех	2	4595	0,45	0,65	1,17
2	Цех стального литья	1	1589	0,6	0,65	1,17
3	Сборочный цех	2	3611	0,4	0,65	1,17
4	Прессовый	2	2827	0,45	0,65	1,17
5	Компрессорная	1	199	0,75	0,8	0,56
6	Электроцех	3	1796	0,3	0,6	1,33
7	Термический	2	3486	0,5	0,7	1
8	Котельная	1	249	0,75	0,8	0,56
9	Склад	3	158	0,3	0,6	1,33
10	Насосная	1	117	0,75	0,8	0,56
11	Автоматно-токарный	2	4600	0,45	0,65	1,17
12	Столярный	3	1786	0,4	0,65	1,17
13	Административный корп.	3	432	0,6	0,8	0,75
14	Столовая	3	161	0,6	0,8	0,75
15	Гараж	3	112	0,3	0,6	1,33
16	Цех цветного литья	2	2299	0,6	0,65	1,17

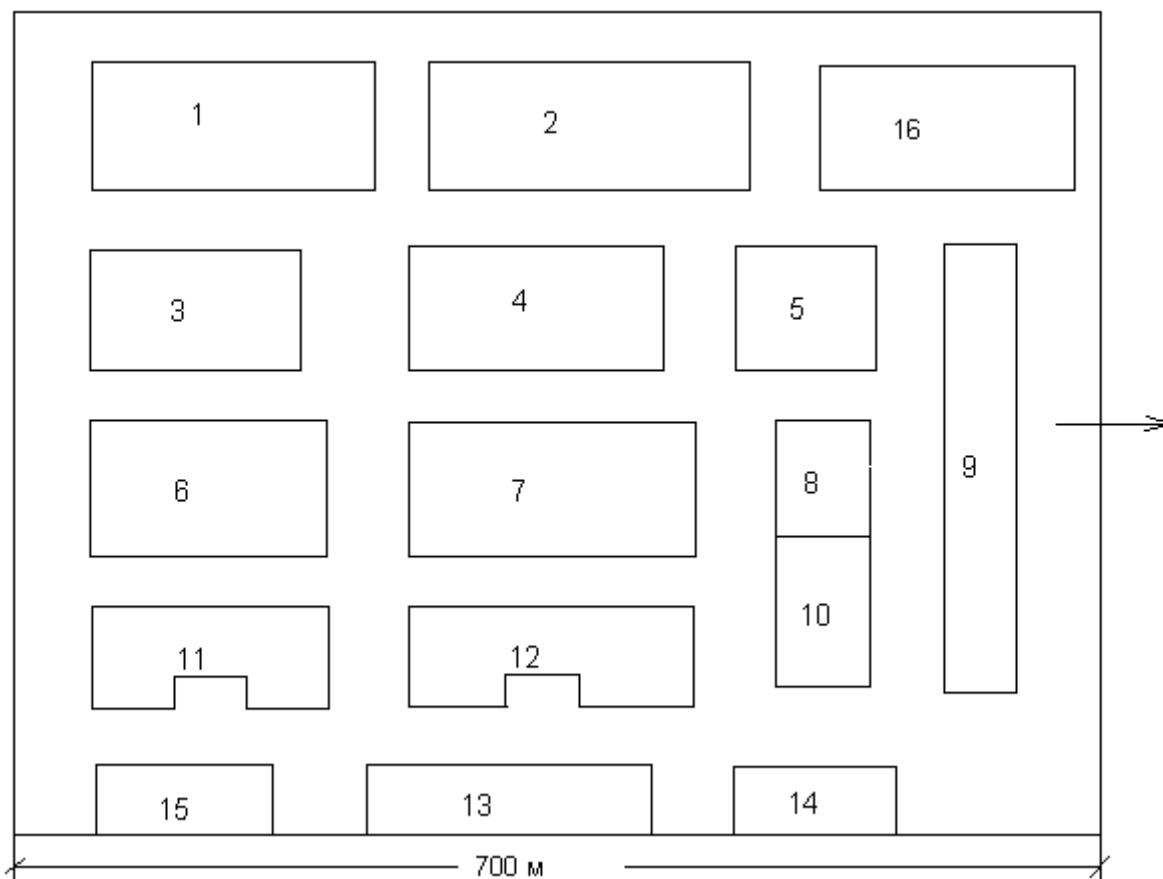


Рисунок 1– План завода бурового оборудования

Рассматриваемый завод относится к потребителям с большим энергопотреблением, большинство потребителей относятся первой категории по надежности электроснабжения.

Выводы по разделу. В разделе дана общая информация об объекте проектирования выпускной квалификационной работы, представлен план ремонтно-механический завода.

2 Расчет электрических нагрузок завода бурового оборудования

Расчетные нагрузки являются исходными данными для проектирования. Расчет нагрузок ведется согласно [3].

В качестве примера приведем расчет электрических нагрузок распределительного пункта 17 (РП-17).

Для расчета электрических нагрузок на первом этапе необходимо определить установленную активную мощность группы электроприемников (ЭП) (1):

$$P = n \cdot p_n \quad (1)$$

где n – число ЭП в группе;

p_n – установленная мощность одного ЭП в группе, кВт.

Определяется установленная мощность группы высоковольтных асинхронных электродвигателей (АД) подключенных к сборным шинам РП-17 по выражению (2):

$$P = 4 \cdot 630 = 2520 \text{ кВт.}$$

Затем определяется среднесменная активная нагрузка группы высоковольтных АД (3):

$$P_c = K_{\text{и}} \cdot P \quad (2)$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования, для данных АД принимается равным 0,8.

Среднесменная активная нагрузка группы высоковольтных АД для РП-5 по выражению (3):

$$P_c = 0,8 \cdot 2520 = 2016 \text{ кВт.}$$

Теперь необходимо определить среднесменную реактивную нагрузку рассматриваемых АД (4):

$$Q_c = K_{и} \cdot P \cdot tg\varphi$$

где $tg\varphi$ – принимается равным 0,51.

Среднесменная реактивная нагрузка рассматриваемых АД по выражению (4):

$$Q_c = 0,8 \cdot 2520 \cdot 0,51 = 1028,16 \text{ квар}$$

Для остальных ЭП расчет проводится согласно представленной методике, результаты расчетов представлены в таблице 1

Теперь необходимо выполнить расчет электрических нагрузок в целом по РП. Сначала необходимо определить по справочным таблицам [4] коэффициент максимума. Коэффициент максимума определяется в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования и числа присоединений на шинах рассматриваемого РП. Согласно данным [5] принимаем коэффициент максимума равным 0,95.

Для определения среднесменных активной и реактивной нагрузок на шинах РП используются выражения (5) и (6):

$$\sum P_c = K_M \cdot P_c, \quad (3)$$

$$\sum Q_c = K_M \cdot Q_c \quad (4)$$

где K_M – коэффициент максимума.

K_M – Для шин РП-5 согласно (5, 6) определяются значения среднесменных активной и реактивной нагрузок:

$$\Sigma P_c = 0,95 \cdot 5043,27 = 4791,11 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_c = 0,95 \cdot 2634,89 = 2503,13 \text{ квар}$$

Для определения расчетной полной мощности используется выражение (7):

$$S_p = \sqrt{\Sigma P_c + \Sigma Q_c} \quad (5)$$

Теперь определяется расчетную полную мощность по выражению (7):

$$S_p = \sqrt{4791,11 + 2503,13} = 5405,6 \text{ кВА}$$

Ток на сборных шинах РП-5 определяется выражением (8):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (6)$$

где U – напряжение на шинах рассматриваемого РП, кВ.

Определяется ток на сборных шинах по выражению (8):

$$I_p = \frac{5405,6}{\sqrt{3} \cdot 10} = 312,1 \text{ А}$$

для сварочного цеха

$$P_p = 4595 \cdot 0,45 = 2067,75 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 2067,75 \cdot 1,17 = 2419,27 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 15 \cdot 1 \cdot 15,189 = 227,84 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 227,84 = 97,06 \text{ квар}$$

$$P_{СУМ} = 2067,75 + 227,84 = 2295,59 \text{ кВт}$$

$$Q_{СУМ} = 2419,27 + 97,06 = 2516,33 \text{ квар}$$

$$S_{СУМ} = \sqrt{(2295,59)^2 + (2516,33)^2} = 3406,11 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 3406,11 = 68,12 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 3406,11 = 340,61 \text{ квар}$$

$$P_M = 2067,75 + 227,84 + 68,12 = 2363,71 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 2419,27 + 97,06 + 340,61 = 2856,94 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(2363,71)^2 + (2856,94)^2} = 3707,99 \text{ кВА}$$

для цеха стального литья

$$P_P = 1589 \cdot 0,6 = 953,4 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 953,4 \cdot 1,17 = 1115,48 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 11 \cdot 1 \cdot 17,264 = 189,9 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 189,9 = 80,9 \text{ квар}$$

$$P_{СУМ} = 953,4 + 189,9 = 1143,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{СУМ} = 1115,48 + 80,9 = 1196,38 \text{ квар}$$

$$S_{СУМ} = \sqrt{(1143,3)^2 + (1196,38)^2} = 1654,83 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 1654,83 = 33,1 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 1654,83 = 165,48 \text{ квар}$$

$$P_M = 953,4 + 189,9 + 33,1 = 1176,4 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 1115,48 + 80,9 + 165,48 = 1361,86 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(1176,4)^2 + (1361,86)^2} = 1799,61 \text{ кВА}$$

для сборочного цеха

$$P_P = 3611 \cdot 0,4 = 1444,4 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 1444,4 \cdot 0,88 = 1689,95 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 13 \cdot 1 \cdot 10,744 = 139,67 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 139,67 = 59,5 \text{ квар}$$

$$P_{CUM} = 1444,4 + 139,67 = 1584,07 \text{ кВт}$$

$$Q_{CUM} = 1689,95 + 59,5 = 1749,45 \text{ квар}$$

$$S_{CUM} = \sqrt{(1584,07)^2 + (1749,45)^2} = 2360,05 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 2360,05 = 47,20 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 2360,05 = 236,01 \text{ квар}$$

$$P_M = 1444,4 + 139,67 + 47,07 = 1631,27 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 1689,95 + 59,5 + 236,01 = 1985,45 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(1631,27)^2 + (1985,45)^2} = 2569,65 \text{ кВА}$$

для прессового цеха

$$P_P = 2727 \cdot 0,45 = 1227,15 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 1227,15 \cdot 1,17 = 1689,95 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 11 \cdot 1 \cdot 13,035 = 143,39 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 143,39 = 61,08 \text{ квар}$$

$$P_{CUM} = 1227,15 + 143,39 = 1370,54 \text{ кВт}$$

$$Q_{CUM} = 1689,95 + 61,08 = 1496,85 \text{ квар}$$

$$S_{CUM} = \sqrt{(1370,54)^2 + (1496,85)^2} = 2029,51 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 2029,51 = 40,59 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 2029,51 = 202,95 \text{ квар}$$

$$P_M = 1227,15 + 143,39 + 40,59 = 1411,13 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 1689,95 + 61,08 + 202,95 = 1699,8 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(1411,13)^2 + (1699,8)^2} = 2209,21 \text{ кВА}$$

для компрессорной

$$P_P = 300 \cdot 0,75 = 225 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 225 \cdot 0,56 = 126 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 12 \cdot 1 \cdot 7,189 = 86,268 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 86,268 = 36,75 \text{ квар}$$

$$P_{CUM} = 225 + 86,268 = 311,27 \text{ кВт}$$

$$Q_{CUM} = 84 + 126 = 162,75 \text{ квар}$$

$$S_{CUM} = \sqrt{(311,27)^2 + (162,75)^2} = 351,25 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 351,25 = 7,02 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 351,25 = 35,12 \text{ квар}$$

$$P_M = 225 + 86,268 + 7,02 = 318,29 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 84 + 126 + 35,12 = 197,88 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(318,29)^2 + (197,88)^2} = 374,79 \text{ кВА}$$

для электроцеха

$$P_P = 1700 \cdot 0,3 = 510 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 510 \cdot 1,33 = 678,3 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 15 \cdot 1 \cdot 12,382 = 185,73 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 185,73 = 79,12 \text{ квар}$$

$$P_{CUM} = 510 + 185,73 = 695,73 \text{ кВт}$$

$$Q_{CUM} = 678,3 + 79,12 = 757,42 \text{ квар}$$

$$S_{CUM} = \sqrt{(695,73)^2 + (757,42)^2} = 1078,15 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 1078,15 = 20,57 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 1078,15 = 102,85 \text{ квар}$$

$$P_M = 510 + 185,73 + 20,57 = 716,3 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 678,3 + 79,12 + 102,85 = 860,27 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(716,3)^2 + (860,27)^2} = 1119,44 \text{ кВА}$$

для термического цеха

$$P_P = 3600 \cdot 0,5 = 1800 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 1800 \cdot 1 = 1800 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 11 \cdot 1 \cdot 15,824 = 174,06 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 174,06 = 74,15 \text{ квар}$$

$$P_{CUM} = 1800 + 174,06 = 1974,06 \text{ кВт}$$

$$Q_{CUM} = 1800 + 74,15 = 1874,15 \text{ квар}$$

$$S_{CUM} = \sqrt{(1974,06)^2 + (1874,15)^2} = 2722,02 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 2722,02 = 54,44 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 2722,02 = 272,2 \text{ квар}$$

$$P_M = 1800 + 174,06 + 54,44 = 2028,5 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 1800 + 74,15 + 272,2 = 2136,45 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(2028,5)^2 + 2136,45^2} = 2953,25 \text{ кВА}$$

для котельной

$$P_P = 300 \cdot 0,75 = 225 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 1800 \cdot 0,56 = 126 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 11 \cdot 1 \cdot 4,55 = 50,05 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 50,05 = 21,32 \text{ квар}$$

$$P_{СУМ} = 225 + 50,05 = 275,05 \text{ кВт}$$

$$Q_{СУМ} = 126 + 21,32 = 147,32 \text{ квар}$$

$$S_{СУМ} = \sqrt{(275,05)^2 + (147,32)^2} = 312,02 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 312,02 = 6,24 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 312,02 = 31,2 \text{ квар}$$

$$P_M = 225 + 50,05 + 6,24 = 281,29 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 126 + 21,32 + 31,2 = 178,52 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(281,29)^2 + (178,52)^2} = 333,16 \text{ кВА}$$

для склада

$$P_P = 160 \cdot 0,3 = 60 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 60 \cdot 1,33 = 79,8 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 11 \cdot 1 \cdot 13,348 = 146,83 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 146,83 = 62,55 \text{ квар}$$

$$P_{СУМ} = 60 + 146,83 = 206,83 \text{ кВт}$$

$$Q_{СУМ} = 79,8 + 62,55 = 142,35 \text{ квар}$$

$$S_{СУМ} = \sqrt{(206,83)^2 + (142,35)^2} = 251,08 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 251,08 = 5,02 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 251,08 = 25,11 \text{ квар}$$

$$P_M = 60 + 146,83 + 5,02 = 211,85 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 79,8 + 62,55 + 25,11 = 167,46 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(211,85)^2 + (167,46)^2} = 270,04 \text{ кВА}$$

для насосной

$$P_P = 200 \cdot 0,75 = 150 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 150 \cdot 0,56 = 84 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 11 \cdot 1 \cdot 6,5 = 71,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 71,5 = 30,46 \text{ квар}$$

$$P_{СУМ} = 150 + 71,5 = 221,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{СУМ} = 84 + 30,46 = 114,46 \text{ квар}$$

$$S_{СУМ} = \sqrt{(221,5)^2 + (114,46)^2} = 249,33 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 249,33 = 4,99 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 249,33 = 24,93 \text{ квар}$$

$$P_M = 150 + 71,5 + 4,99 = 226,49 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 84 + 30,46 + 24,93 = 139,39 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(226,49)^2 + (139,39)^2} = 265,94 \text{ кВА}$$

для автоматного-токарного цеха

$$P_P = 4500 \cdot 0,45 = 2025 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 2025 \cdot 1,17 = 2369,25 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 11 \cdot 1 \cdot 15,486 = 170,35 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 170,35 = 72,57 \text{ квар}$$

$$P_{СУМ} = 2025 + 170,35 = 2195,35 \text{ кВт}$$

$$Q_{СУМ} = 2369,25 + 72,57 = 2441,82 \text{ квар}$$

$$S_{СУМ} = \sqrt{(2195,35)^2 + (2441,82)^2} = 3283,6 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 3283,6 = 65,67 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 3283,6 = 328,36 \text{ квар}$$

$$P_M = 2025 + 170,35 + 65,67 = 2261,02 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 2369,25 + 72,57 + 328,36 = 2770,18 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(2261,02)^2 + (2770,18)^2} = 3575,76 \text{ кВА}$$

для столярного цеха

$$P_P = 2000 \cdot 0,4 = 800 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 800 \cdot 1,17 = 936 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 16 \cdot 1 \cdot 12,025 = 192,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 192,4 = 81,96 \text{ квар}$$

$$P_{CUM} = 800 + 192,4 = 992,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{CUM} = 936 + 81,96 = 1017,96 \text{ квар}$$

$$S_{CUM} = \sqrt{(992,4)^2 + (1017,96)^2} = 1421,66 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 1421,66 = 28,43 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 1421,66 = 142,17 \text{ квар}$$

$$P_M = 800 + 192,4 + 28,43 = 1020,83 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 936 + 81,96 + 142,17 = 1160,13 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(1020,83)^2 + (1160,13)^2} = 1545,31 \text{ кВА}$$

для административного корпуса

$$P_P = 500 \cdot 0,6 = 300 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 300 \cdot 0,75 = 225 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 11 \cdot 1 \cdot 8,235 = 90,585 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 90,585 = 38,59 \text{ квар}$$

$$P_{CUM} = 300 + 90,585 = 390,59 \text{ кВт}$$

$$Q_{CUM} = 225 + 38,59 = 263,59 \text{ квар}$$

$$S_{CUM} = \sqrt{(390,59)^2 + (263,59)^2} = 471,21 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 471,21 = 9,42 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 471,21 = 47,12 \text{ квар}$$

$$P_M = 300 + 90,585 + 9,42 = 400,01 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 225 + 38,59 + 47,12 = 310,71 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(400,01)^2 + (310,71)^2} = 506,51 \text{ кВА}$$

для столовой

$$P_P = 200 \cdot 0,6 = 120 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 120 \cdot 0,75 = 90 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 11 \cdot 1 \cdot 4,68 = 51,48 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 51,48 = 21,93 \text{ квар}$$

$$P_{СУМ} = 120 + 51,48 = 171,48 \text{ кВт}$$

$$Q_{СУМ} = 90 + 21,93 = 111,93 \text{ квар}$$

$$S_{СУМ} = \sqrt{(171,48)^2 + (111,93)^2} = 204,78 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 204,78 = 4,1 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 204,78 = 20,48 \text{ квар}$$

$$P_M = 120 + 51,48 + 4,1 = 175,58 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 90 + 21,93 + 20,48 = 132,41 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(175,58)^2 + (132,41)^2} = 219,91 \text{ кВА}$$

для гаража

$$P_P = 200 \cdot 0,3 = 60 \text{ кВт}$$

$$Q_P = 60 \cdot 1,33 = 79,8 \text{ квар}$$

$$P_{PO} = 11 \cdot 1 \cdot 5,265 = 57,915 \text{ кВт}$$

$$Q_{PO} = 0,426 \cdot 57,915 = 24,67 \text{ квар}$$

$$P_{СУМ} = 60 + 57,915 = 117,92 \text{ кВт}$$

$$Q_{СУМ} = 79,8 + 24,67 = 104,47 \text{ квар}$$

$$S_{СУМ} = \sqrt{(117,92)^2 + (104,47)^2} = 157,54 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 157,54 = 3,15 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 157,54 = 15,75 \text{ квар}$$

$$P_M = 60 + 57,915 + 3,15 = 121,07 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 79,8 + 24,67 + 15,75 = 120,23 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{(121,07)^2 + (120,23)^2} = 170,62 \text{ кВА}$$

для цеха цветного литья

$$P_P = 2500 \cdot 0,6 = 1500 \text{ кВт}$$

$$\begin{aligned}
Q_P &= 1500 \cdot 1,17 = 1775 \text{квар} \\
P_{PO} &= 11 \cdot 1 \cdot 13,695 = 150,65 \text{ кВт} \\
Q_{PO} &= 0,426 \cdot 150,65 = 64,17 \text{квар} \\
P_{СУМ} &= 1500 + 150,65 = 1650,65 \text{кВт} \\
Q_{СУМ} &= 1775 + 64,17 = 1819,17 \text{квар} \\
S_{СУМ} &= \sqrt{(1650,65)^2 + (1819,17)^2} = 2456,43 \text{ кВА} \\
\Delta P_T &= 0,02 \cdot 2456,43 = 49,13 \text{ кВт} \\
\Delta Q_T &= 0,1 \cdot 2456,43 = 245,64 \text{ квар} \\
P_M &= 1500 + 150,65 + 49,13 = 1699,77 \text{ кВт} \\
Q_M &= 1775 + 64,17 + 245,64 = 2064,82 \text{ квар} \\
S_M &= \sqrt{(1699,77)^2 + (2064,82)^2} = 2674,45 \text{ кВА}
\end{aligned}$$

Выводы по разделу. В данном разделе выпускной квалификационной работы определены расчетные электрические нагрузки завода бурового оборудования. По результатам расчета электрических нагрузок в выпускной квалификационной работе в дальнейшем будут определяться параметры компенсации реактивной мощности, осуществляться выбор силовых трансформаторов для цеховых подстанций, выбираться кабели и электрические аппараты.

3 Выбор высоковольтных электродвигателей

Как говорилось ранее, в процессе проектирования предполагается выбор высоковольтных электродвигателей класса напряжения 10 кВ. Выбор высоковольтных двигателей производится в соответствии с требованиями главы 5.3 Правил устройства электроустановок [6].

Выбор электродвигателей осуществляется в соответствии с требованиями:

–электрические и механические параметры электродвигателей должны соответствовать параметрам приводимых во вращение механизмов;

–электродвигатели, устанавливаемые в помещениях с нормальной средой должны иметь исполнение IP00 или IP20;

–электродвигатели, устанавливаемые на открытом воздухе должны иметь исполнение не менее IP44;

–электродвигатели, устанавливаемые в помещениях с химически активными парами и газами должны иметь исполнение не менее IP44;

К установке принимаются синхронные и асинхронные двигатели класса напряжения 10 кВ. Такие двигатели имеют ряд преимуществ по сравнению с аналогами рассчитанных на напряжение 6 кВ:

– потребляемый ток двигателем напряжением 10 кВ гораздо ниже, чем у двигателя на напряжение 6 кВ;

– снижается нагрев обмотки статора;

– снижаются потери.

К установке принимаются асинхронные двигатели производства российской компании ОАО «Русэлпром» серии ДА304, ДА30, а так же двигатели производства Германии компании Siemens. Так же в качестве синхронных двигателей выбраны двигатели СТД, ДСВ производства ОАО «Русэлпром». Паспортные данные выбранных электродвигателей и места их установки представлены в таблицах 2-5.

Таблица 2 – Выбираемые высоковольтные электродвигатели серии ДА304

Наименование	Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об / мин	Напряжение, В	Вращаемый механизм
ДН 1	АД	750	1500	10000	Дренаж
ДН 2	АД	750	1500	10000	Дренаж
ДН 3	АД	750	1500	10000	Дренаж
ДВ 1	АД	430	750	10000	Вентилятор
ДВ 2	АД	430	750	10000	Вентилятор
АД 1	АД	1600	1000	10000	Компрессор
АД 2	АД	240	1000	10000	Компрессор
АД 1	АД	780	1500	10000	Маслонасос
АД 1	АД	780	1000	10000	Маслонасос
АД 2	АД	800	1500	10000	Маслонасос
АД 3	АД	800	1500	10000	Питательный насос
АД 6	АД	290	750	10000	Питательный насос
АД 7	АД	800	750	10000	Стан
АД 2	АД	800	1500	10000	Стан
АД 3	АД	800	1000	10000	Стан
АД 4	АД	650	1000	10000	Сетевой насос
АД 5	АД	655	1000	10000	Сетевой насос
АД 6	АД	655	750	10000	Сетевой насос
АД 1	АД	950	750	10000	Сетевой насос
ДВ 1	АД	430	1500	10000	Сетевой насос
ДВ 2	АД	1500	1000	10000	Насос сырой воды
ДВ 3	АД	1500	1500	10000	Насос сырой воды
ДВ 4	АД	1500	1000	10000	Насос сырой воды
ДВ 5	АД	1500	1500	10000	Насос сырой воды
ДВ 6	АД	800	750	10000	Пусковой маслонасос

Таблица 3 – Выбираемые высоковольтные электродвигатели серии ДСВ

Наименование	Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об / мин	Напряжение, В	Вращаемый механизм
СД 1	СД	1000	3000	10000	Компрессор
СД 2	СД	1000	600	10000	Циркуляционный насос
СД 3	СД	1500	580	10000	Насос сырой воды
СД 4	СД	1500	580	10000	Насос сырой воды
СД 5	СД	1600	1200	10000	Прокатный стан
СД 6	СД	1600	800	10000	Прокатный стан

Таблица 4 – Выбираемые высоковольтные электродвигатели производства Siemens

Наименование	Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об / мин	Напряжение, В	Вращаемый механизм
ТК 1	АД	1600	1500	10000	Газодувка
ТК 2	АД	1600	1500	10000	Газодувка
ТК-3	АД	1500	1500	10000	Перекачивающий насос
ТК-4	АД	1500	1500	10000	Перекачивающий насос
ТК-5	АД	1500	1500	10000	Перекачивающий насос
ТК-6	АД	1500	1500	10000	Перекачивающий насос
ТК-7	АД	3000	3000	10000	Водяной насос
ТК-8	АД	3000	3000	10000	Водяной насос
ТК-9	АД	3000	3000	10000	Водяной насос
ТК-10	АД	3000	3000	10000	Водяной насос

Таблица 5 – Выбираемые высоковольтные электродвигатели серии СТД

Наименование	Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об / мин	Напряжение, В	Вращаемый механизм
СД 7	СД	1250	3000	10000	Газодувка
СД 8	СД	1250	3000	10000	Газодувка
СД 9	СД	1500	580	10000	Насос сырой воды
СД 10	СД	1500	580	10000	Насос сырой воды
СД 11	СД	1500	580	10000	Насос сырой воды
СД 12	СД	1500	600	10000	Насос сырой воды

Выводы по разделу. Для системы электрооборудования, и электрохозяйства выбраны электродвигатели марок ДАЗ04, ДАЗ0, СТД, ДСВ, Siemens на напряжение 10 кВ.

4 Выбор распределительных трансформаторов

Распределительные трансформаторы являются источниками питания для цеховых ЭП напряжением 0,4 кВ. Выбор трансформаторов проводится по следующим параметрам[7]:

- мощности,
- напряжению,
- исполнению и т.д.

При выборе распределительных трансформаторов предполагается отдавать предпочтение сухим распределительным трансформаторам с литой изоляцией типа ТСЛ производства АО «Группа СВЭЛ». Предполагается установка сухих трансформаторов с литой изоляцией в местах с высоким классом по пожароопасности. Применение сухих трансформаторов с литой изоляцией позволяет значительно снизить риск возникновения пожара, а также позволяет снизить эксплуатационные затраты.

Для выбора трансформаторов ТП необходимо по расчетным нагрузкам с учетом коэффициента перегрузки и $\cos\varphi$ определить необходимую мощность трансформатора.

Необходимая мощность трансформатора определяется выражением (11):

$$S_{\text{НОМ}} \geq \frac{P_p}{k_{\text{пер}} \cdot (n-1) \cdot \cos\varphi} \quad (7)$$

где P_p – расчетная активная мощность на шинах цеховой ТП, кВт;

$k_{\text{пер}}$ – перегрузочная способность трансформатора;

n – число трансформаторов.

Определяется необходимая мощность трансформатора ТП-67 по выражению (11):

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{744,2}{1,4 \cdot (2 - 1) \cdot 0,85} = 525,3 \text{ кВА}$$

К установке принимаются 2 трансформатора типа ТСЗ номинальной мощностью 630 кВА каждый

Нужно определить потери активной и реактивной мощностей в выбранных трансформаторах по выражениям (12) и (13):

$$\Delta P_T = N_T \cdot (\Delta P_{\text{ХХ}} + K_3^2 \cdot \Delta P_{\text{КЗ}}) \quad (8)$$

где N_T – число трансформаторов;

$\Delta P_{\text{ХХ}}$ – активные потери холостого хода, кВт;

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

$\Delta P_{\text{КЗ}}$ – активные потери короткого замыкания, кВт.

$$\Delta Q_T = N_T \cdot (I_0 + K_3^2 \cdot U_{\text{КЗ}}) \cdot \frac{S_T}{100} \quad (9)$$

где I_0 – ток холостого хода трансформатора, %;

$U_{\text{КЗ}}$ – напряжение короткого замыкания, %.

S_T – полная мощность трансформатора, кВА.

Определяются потери активной и реактивной мощности в трансформаторах по выражениям (12) и (13):

$$\begin{aligned} \Delta P_T &= 2 \cdot (1,15 + 0,7^2 \cdot 6,8) = 6,96 \text{ кВт} \\ \Delta Q_T &= 2 \cdot (0,8 + 0,7^2 \cdot 6,8) \cdot \frac{630}{100} = 44,0 \text{ квар} \end{aligned}$$

Выбранные силовые трансформаторы приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Выбранные трансформаторы

Наименование	$\cos\varphi$	Расчетная нагрузка			Потери		Тип трансформаторов, кВА
		кВт	квар	кВА	кВт	квар	
ТП-67	0,85	744,2	461,41	875,6	6,96	44,0	ТСЛ 630/10
ТП-68	0,86	1168,88	461,41	1256,65	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-62	0,87	1100,36	627,20	1266,55	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-63	0,85	1088,22	674,6964	1280,40	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-64	0,89	1155,74	589,4274	1297,36	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-61	0,87	1187,29	676,7553	1366,61	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-81	0,87	186,76	106,4532	214,96	3,26	69,86	ТСЛ 160/10
ТП-82	0,85	705,55	437,441	830,15	6,96	44,0	ТСЛ 630/10
ТП-52	0,85	1198,3	742,946	1409,92	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-53	0,85	1146,56	710,8672	1349,04	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-57	0,89	1097,22	559,5822	1097,22	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-71	0,87	1137,81	648,5517	1309,66	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-72	0,85	1121,64	695,4168	1121,64	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-14	0,85	1110,9	688,758	1307,08	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-47	0,86	1101,3	649,767	1278,70	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-17	0,85	1189,36	737,4032	1399,40	8,56	69,86	ТСЛ 1000/10
ТП-11	0,85	1771,23	1098,163	2084,03	17,05	110,08	ТСЛ 1600/10
ТП-8	0,87	1445,36	823,8552	1663,66	14,70	88,5	ТСЛ 1250/10
ТП-5	0,89	719,36	366,8736	807,57	8,96	44,0	ТСЛ-630/10
ТП-7	0,86	732,98	432,4582	924,24	8,96	44,0	ТСЛ-630/10
ТП-33	0,87	1078,98	615,0186	1241,94	5,56	69,86	ТСЛ-1000/10

«В дипломном проектировании экономически выгодную величину перетока реактивной мощности $Q_{\text{э}}$ рассчитывается по формуле, где нормируемый $\text{tg}\varphi_{\text{н}}$ задан энергосистемой»[8].:

$$Q_{\text{э}} = P_{\text{P}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{н}} \quad (10)$$

где по условиям задания нормируемый $\text{tg}\varphi_{\text{н}} = 0,2$.

Мощность компенсирующих устройств, которые необходимо установить на предприятии, рассчитываем по формуле:

$$Q_{КУ} = Q_{ТП} - Q_{Э} \quad (11)$$

«Подбор конденсаторных батарей по цехам производим по ближайшему значению из доступных на рынке батарей»[9].

для сварочного цеха

$$Q_{Э} = 2070 \cdot 0,17 = 351,9 \text{ квар}$$

$$Q_{КУ} = 2421,9 - 351,9 = 2070 \text{ квар}$$

для цеха стального литья

$$Q_{Э} = 960 \cdot 0,17 = 163,2 \text{ квар}$$

$$Q_{КУ} = 1123,2 - 163,2 = 960 \text{ квар}$$

для сборочного цеха

$$Q_{Э} = 1440 \cdot 0,17 = 244,8 \text{ квар}$$

$$Q_{КУ} = 1684,8 - 244,8 = 1440 \text{ квар}$$

для прессового цеха

$$Q_{Э} = 1260 \cdot 0,17 = 214,2 \text{ квар}$$

$$Q_{КУ} = 1474,2 - 214,2 = 1260 \text{ квар}$$

для компрессорной

$$Q_{Э} = 150 \cdot 0,17 = 25,5 \text{ квар}$$

$$Q_{КУ} = 84 - 25,5 = 58,5 \text{ квар}$$

для электроцеха

$$Q_{Э} = 540 \cdot 0,17 = 91,8 \text{ квар}$$

$$Q_{КУ} = 718,2 - 91,8 = 626,4 \text{ квар}$$

для термического цеха

$$Q_{Э} = 1750 \cdot 0,17 = 297,5 \text{ квар}$$

$$Q_{КУ} = 1750 - 297,5 = 1452,5 \text{ квар}$$

для котельной

$$Q_{Э} = 187,5 \cdot 0,17 = 31,875 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{КУ}} = 105 - 31,875 = 73,125 \text{ квар}$$

для насосной

$$Q_{\text{Э}} = 90 \cdot 0,17 = 15,3 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{КУ}} = 50,4 - 15,3 = 35,1 \text{ квар}$$

для автоматного-токарного цеха

$$Q_{\text{Э}} = 2025 \cdot 0,17 = 344,25 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{КУ}} = 2369,25 - 344,25 = 2025 \text{ квар}$$

для столярного цеха

$$Q_{\text{Э}} = 1140 \cdot 0,17 = 193,8 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{КУ}} = 1202,64 - 193,8 = 1008,84 \text{ квар}$$

для цеха цветного литья

$$Q_{\text{Э}} = 1380 \cdot 0,17 = 234,6 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{КУ}} = 1614,6 - 234,6 = 1380 \text{ квар}$$

Выбранные батареи конденсаторов приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Выбранные батареи конденсаторов

Наименование цеха	Модель конденсаторной батареи
Сварочный цех	УКМ 58-0,4-600-50 У3
Цех стального литья	УКМ 58-0,4-300-50 У3
Сборочный цех	УКМ 58-0,4-450-50 У3
Прессовый	УКМ 58-0,4-450-50 У3
Электроцех	УКМ 58-0,4-300-50 У3
Термический	УКМ 58-0,4-450-50 У3
Автоматно-токарный	УКМ 58-0,4-600-50 У3
Столярный	УКМ 58-0,4-300-50 У3
Цех цветного литья	УКМ 58-0,4-450-50 У3
Компрессорная	УКМ 58-0,4-20-50 У3
Котельная	УКМ 58-0,4-20-50 У3
Насосная	УКМ 58-0,4-20-25 У3

Мощность, передаваемая через трансформаторы ГПП рассчитывается по формуле:

$$S_{ГПП} = \frac{\sqrt{(20441,7 + 2 \cdot 24087,5)^2 + (93,2 + 2 \cdot 497)^2}}{1000} = 18421$$

На предприятии имеются потребители I категории, поэтому устанавливаем два трансформатора на подстанцию.

Определяем мощность одного трансформатора при загрузке $K_3 = 0,7$ по формуле:

$$S_{TP} = \frac{S_{ГПП}}{K_3 \cdot N_{TP}} = \frac{18,42}{0,7 \cdot 2} = 13,16, \text{ МВА}$$

Выбираем трехфазный трансформатор с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла, с регулировкой напряжения под нагрузкой (РПН), модели ТДН-16000/110/10 и производим проверку на эксплуатационную перегрузку[10–15].

Выводы по разделу. В данном разделе выпускной квалификационной работы выбраны цеховые трансформаторы, компенсирующие устройства, и трансформаторы главной понизительной подстанции.

5 Выбор кабелей

Выбор сечения кабелей производится в соответствии с требованиями [16-19], а именно по длительно допустимому току.

Необходимо привести пример выбора кабеля от РП-61 до ТП-64 по длительно допустимому току.

Вначале определяем расчетный номинальный ток кабельной линии по выражению (14):

$$I_{\text{ном}} = \frac{K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\phi} \quad (12)$$

Определяется расчетный номинальный ток по выражению (14):

$$I_{\text{ном}} = \frac{1155,74}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,89} = 71,4 \text{ А}$$

Теперь необходимо согласно таблице 1.3.7 содержащейся в [20] выбрать нужное сечение по расчетному току с учетом способа прокладки.

Для получившегося расчетного тока подходит сечение 25 мм², с учетом того, что кабельная линия прокладывается на технологической эстакаде (т.е. в воздухе) и жилы кабеля выполнены из алюминия.

К монтажу принимаются кабели российского производства компании ОАО «Севкабель». Результаты выбора сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Выбранные кабели

Фидер	Марка и сечение КЛ, мм ²	Способ прокладки	Длина, м
ТП 67	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	10
ДН 1	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	25
ДН 2	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	25
ДН 3	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	25
ТП 61	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	10
ТП 61	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	10
ТП-62	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	12
ТП-63	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	12
ТП-64	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	25
ТП-68	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	29
АД-1250	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	13
АД-400	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	15
АД-630	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	28
ТП-81	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	55
ТП-82	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	40
АД-630	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	22
АД-320	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	22
АД-320	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	22
АД-340	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	40
АД-295	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	20
СД-1250	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	15
СД-1250	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	15
СД-1250	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	15
СД-1250	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	15
АД-320	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	10
АД-320	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	10
АД-295	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	10
АД-295	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	10

Продолжение таблицы 8

Фидер	Марка и сечение КЛ, мм ²	Способ прокладки	Длина, м
ТП-13	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	10
ТП-13	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	10
СД-1000	АСБГ 3x16(ож)-10	Под полом	12
СД-1000	АСБГ 3x16(ож)-10	Под полом	12
СД-1000	АСБГ 3x16(ож)-10	Под полом	24
СД-1000	АСБГ 3x16(ож)-10	Под полом	24
АД-210	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	24
АД-250	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	24
АД-250	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	24
АД-250	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	24
АД-250	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	32
АД-250	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	32
АД-250	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	32
АД-630	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	26
АД-630	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	26
АД-630	АСБГ 3x16(ож)-10	Эстакада	26
ТП-7	АСБГ 3x25(ож)-10	Эстакада	18
АД-1600	АСБГ 3x35(ож)-10	Эстакада	22
АД-1600	АСБГ 3x35(ож)-10	Эстакада	22
АД-1600	АСБГ 3x35(ож)-10	Эстакада	22
АД-1600	АСБГ 3x35(ож)-10	Эстакада	22
АД-1600	АСБГ 3x35(ож)-10	Эстакада	22
АД-1600	АСБГ 3x35(ож)-10	Эстакада	22
АД-1600	АСБГ 3x35(ож)-10	Галерея	21

Выводы по разделу. В данном разделе выпускной квалификационной работы выбраны трехжильные кабели марки АСБГ.

6 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов КЗ необходим для выбора и проверки электрооборудования системы электроснабжения аммиачного производства. Расчет токов КЗ ведется в именованных единицах согласно [21-23]. Перед расчетом составляется расчетная схема и схема замещения. На расчетной схеме необходимо выбрать расчетные точки КЗ, которые будут оптимальным образом отражать уровни токов КЗ от энергосистемы и позволят проверить выбранное оборудование на стойкость к ТКЗ.

Вначале составляется расчетная схема и схема замещения для расчета токов КЗ на шинах РП-1 рисунки 2 и 3.

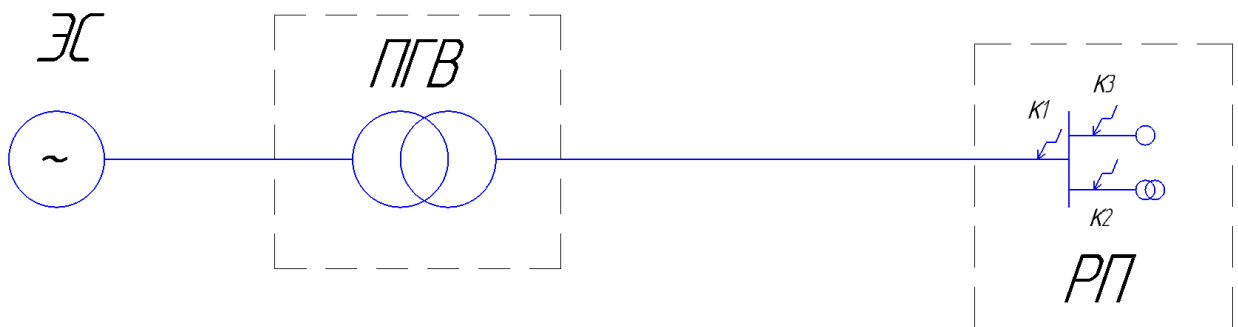


Рисунок 2 – Расчетная схема ТКЗ

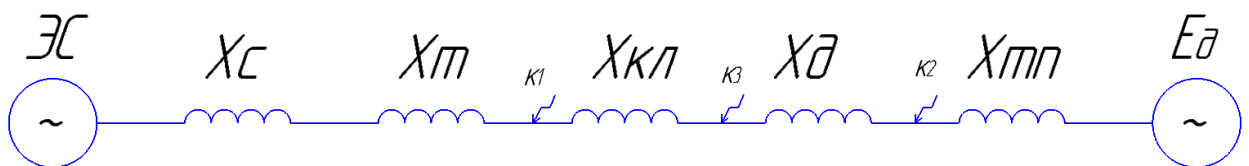


Рисунок 3 – Схема замещения для расчета ТКЗ

Сначала нужно определить индуктивное сопротивление энергосистемы (15):

$$x_c = \frac{U_{\text{НОМВН}}^2}{S_c^{(3)}} \quad (13)$$

где $U_{\text{НОМВН}}$ – номинальное напряжение линии от которой идет питание, кВ;

$S_{\text{к}}^{(3)}$ – мощность трехфазного короткого замыкания, МВА.

Определяется сопротивление энергосистемы по выражению (15):

$$x_{\text{с}} = \frac{(10,5 \cdot 10^3)^2}{2500 \cdot 10^6} = 0,041 \text{ Ом}$$

Далее определяется индуктивное сопротивление трансформатора на ПГВ по выражению (16):

$$x_{\text{т}} = \frac{u_{\text{к}}}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМВН}}^2}{S_{\text{т}}} \quad (14)$$

Определяется индуктивное сопротивление трансформатора ПГВ по выражению (16):

$$x_{\text{т}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{10,5 \cdot 10^3}{63000 \cdot 10^3} = 0,183 \text{ Ом}$$

Нужно определить индуктивное сопротивление КЛ по выражению (17):

$$x_{\text{КЛ}} = x_{\text{уд}} \cdot l \quad (15)$$

где $x_{\text{уд}}$ – погонное индуктивное сопротивление, Ом/км.

Определяем индуктивное сопротивление КЛ по выражению (17):

$$x_{\text{КЛ}} = 0,075 \cdot 0,225 = 0,01 \text{ Ом}$$

Теперь нужно определить сверхпереходное индуктивное сопротивление асинхронного двигателя по следующему выражению (18):

$$x''_{AD} = \frac{1}{K_{\Pi}} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2 \cdot \cos\varphi \cdot \eta}{P_{\text{НОМ}}} \quad (16)$$

где K_{Π} – кратность пускового момента;

$U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение двигателя, кВ

η – коэффициент полезного действия, %;

$P_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность асинхронного двигателя, МВт.

Определяется индуктивное сверхпереходное сопротивление асинхронного двигателя по выражению (18)

$$x''_{AD} = \frac{1}{5,8} \cdot \frac{10,5^2 \cdot 0,89 \cdot 0,93}{0,32} = 49,1 \text{ Ом}$$

Далее нужно определить суммарное индуктивное сопротивление в точке КЗ по следующему выражению (19):

$$x_{\Sigma} = x_c + x_T + x_{KL} \quad (17)$$

Определяется суммарное индуктивное сопротивление в точке КЗ по выражению (19):

$$x_{\Sigma} = 0,041 + 0,183 + 0,01 = 0,234 \text{ Ом}$$

Нужно определить ток КЗ от энергосистемы по выражению (20):

$$I_c = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma}} \quad (18)$$

где I_c – ток КЗ от энергосистемы, кА.

Определяется ток КЗ от энергосистемы по выражению (20):

$$I_c = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,234} = 25,9 \text{ кА}$$

Далее нужно определить токи подпитки от синхронных и асинхронных двигателей по выражению (21):

$$I_{\text{пАД(СД)}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{x'' + x_{\text{кЛ}}} \quad (19)$$

Определяем токи подпитки от синхронных и асинхронных двигателей по выражению (21):

$$I_{\text{пАД}} = \frac{10500}{49,1 + 0,05} = 0,213 \text{ кА},$$

$$I_{\text{пСД}} = \frac{10500}{33 + 0,05} = 0,317 \text{ кА}$$

Теперь нужно определить суммарный ток КЗ по выражению (22):

$$I_{\Sigma} = I_c + I_{\text{пАД}} + I_{\text{пСД}} \quad (20)$$

Определяется суммарный ток КЗ по выражению (22):

$$I_{\Sigma} = 25,9 + 0,213 + 0,317 = 26,4 \text{ кА}$$

Теперь нужно определить ток однофазного КЗ на землю по выражению (23):

$$I_3^{(1)} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}} \cdot \frac{l}{N_{\text{кЛ}}} \quad (21)$$

где $N_{\text{кЛ}}$ –погонная емкость между жилами кабеля и экраном, ф/км.

Выводы по разделу. В данном разделе выпускной квалификационной работы рассчитаны токи короткого замыкания для дальнейшей проверки выбранных аппаратов.

7 Выбор электрических аппаратов ремонтно-механического завода

Выбор электрических аппаратов производится в соответствии с требованиями [24].

«Выключатели выбираются по следующим критериям:

- По классу напряжения;
- По номинальному току;
- По электродинамической стойкости;
- По отключающей способности на возможность отключения полного симметричного тока» [24].

Проведем выбор выключателей устанавливаемых в РП-67. Для выбора выключателей необходимо рассчитать тепловой импульс от тока КЗ и полный симметричный ток. Данные параметры рассчитываются при номинальных условиях и при расчетных по следующим выражениям (24), (25):

$$i_p = \sqrt{2} \cdot I_{птп} + i_a \quad (22)$$

где, $I_{птп}$ – расчетное значение периодической составляющей, кА;

i_a – аperiodическая составляющая тока КЗ, кА.

$$B_{кр} = I_{птп}^2 \cdot \tau \quad (23)$$

где τ - время срабатывания защиты, с.

Определяется полный расчетный ток КЗ по выражению (24):

$$i_p = \sqrt{2} \cdot 22,7 + 213 = 32,0 \text{ кА}$$

Определяется расчетный тепловой импульс от тока КЗ по выражению (25):

$$B_{кр} = 22,7^2 \cdot 0,07 = 25 \cdot 10^6 \text{ A}^2/\text{с}$$

К установке приняты выключатели производства ЗАО «Электроцит-Самара». Выбранные выключатели приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Выбранные выключатели на отходящих присоединениях

Тип	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл} , кА	I _{птном} , кА	I _{птрасч} , кА	B _{кном} , A ² /с	B _{красч} , A ² /с	i _{аном} , кА	i _{арасч} , кА
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,49	28·10 ⁶	16807	42300	0,73
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,5	28·10 ⁶	16807	42300	0,7
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,5	28·10 ⁶	16807	42300	0,7
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,5	28·10 ⁶	16807	42300	0,7
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42588	42300	1,1
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42588	42300	1,1
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42588	42300	1,1
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42588	42300	1139
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42588	42300	1,1
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,77	28·10 ⁶	41503	42300	1,1
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	40	40	0,55	28·10 ⁶	16807	42300	0,7
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,12	28·10 ⁶	1008	42300	0,1
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,49	28·10 ⁶	16807	42300	0,7
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,3	28·10 ⁶	4,5·10 ³	42300	0,42
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	30	30	23,3	45·10 ⁶	27·10 ⁶	32,8	59,2
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	30	30	21,6	45·10 ⁶	23·10 ⁶	30,4	59,2
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	30	30	22,7	45·10 ⁶	25·10 ⁶	59,2	32,0
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЦ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1

Продолжение таблицы 9

Тип	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл} , кА	I _{птном} , кА	I _{птрасч} , кА	В _{кном} , А ² /с	В _{красч} , А ² /с	i _{аном} , кА	i _{арасч} , кА
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,79	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,79	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,2	28·10 ⁶	2·10 ³	42,3	0,28
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,2	28·10 ⁶	2·10 ³	42,3	0,28
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,19	28·10 ⁶	2·10 ³	42,3	0,28
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,3	28·10 ⁶	4,5·10 ³	42,3	0,42
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,79	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,2	28·10 ⁶	2·10 ³	42,3	0,28
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,19	28·10 ⁶	2·10 ³	42,3	0,28
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	40	40	0,55	28·10 ⁶	16·10 ³	42,3	0,7
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	1,23	28·10 ⁶	75·10 ³	42,3	1,73
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,97	28·10 ⁶	47·10 ³	42,3	1,36
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,5	28·10 ⁶	17·10 ⁶	42,3	0,73
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,5	28·10 ⁶	17·10 ⁶	42,3	0,73
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,3	28·10 ⁶	4,5·10 ³	42,3	0,42
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	30	30	24,8	45·10 ⁶	31·10 ⁶	34,8	59,2
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	30	30	26,4	45·10 ⁶	34·10 ⁶	37,2	59,2
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	2000	30	30	24,7	45·10 ⁶	30·10 ⁶	34,8	59,2
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,6	28·10 ⁶	18·10 ³	42,3	0,84

Продолжение таблицы 9

Тип	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл} , кА	I _{птном} , кА	I _{птрасч} , кА	В _{кном} , А ² /с	В _{красч} , А ² /с	i _{аном} , кА	i _{арасч} , кА
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,8	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,55	28·10 ⁶	16·10 ³	42,3	0,7
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,19	28·10 ⁶	2·10 ³	42,3	0,28
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,19	28·10 ⁶	2·10 ³	42,3	0,28
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,3	28·10 ⁶	4,5·10 ³	42,3	0,42
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,8	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,8	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,6	28·10 ⁶	18·10 ³	42,3	0,84
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,2	28·10 ⁶	2·10 ³	42,3	0,28
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,79	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,6	28·10 ⁶	18·10 ³	42,3	0,84
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	30	30	27,8	45·10 ⁶	39·10 ⁶	39,1	59,2
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	30	30	27,3	45·10 ⁶	37·10 ⁶	38,4	59,2
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	30	30	27,3	45·10 ⁶	37·10 ⁶	38,4	59,2
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,78	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,77	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1
ВВУ-СЭЩ-10	10,5	1000	20	20	0,77	28·10 ⁶	42·10 ³	42,3	1,1

«Трансформаторы тока вбираются по следующим условиям:

- По номинальному напряжению;
- Номинальному току;
- Электродинамической стойкости;
- Термической стойкости;

– Конструкции и классу точности»[25].

Определяется расчетный тепловой импульс от действия тока КЗ для трансформатора тока установленного в РП-61 на присоединении ТП-62 по выражению (25):

$$B_{кр} = 780^2 \cdot 0,07 = 42188 \text{ A}^2/\text{с}$$

Выбранные трансформаторы тока приведены в таблице 10

Таблица 10 – Трансформаторы тока на ячейках присоединений

Тип	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл} , кА	I _{птном} , кА	I _{птрасч} , кА	B _{кном} , А ² /с	B _{красч} , А ² /с
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,49	16·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,5	16·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,5	16·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,5	16·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,78	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,78	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,78	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,78	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,78	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,12	16·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,49	41·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,3	20·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	30	28·10 ⁶	23,3	27·10 ⁶
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	30	28·10 ⁶	21,6	23·10 ⁶
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	22,7	25·10 ⁶

Продолжение таблицы 10

Тип	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл} , кА	I _{пном} , кА	I _{птрасч} , кА	В _{кном} , А ² /с	В _{красч} , А ² /с
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	28·10 ⁶	0,78	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,78	28·10 ⁶	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,79	28·10 ⁶	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,79	28·10 ⁶	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,78	28·10 ⁶	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,78	28·10 ⁶	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,2	28·10 ⁶	20·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,2	28·10 ⁶	20·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,19	28·10 ⁶	20·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,3	28·10 ⁶	4,5·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,79	28·10 ⁶	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,2	28·10 ⁶	20·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,19	28·10 ⁶	20·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	40	0,55	28·10 ⁶	16·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,97	28·10 ⁶	47·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,5	28·10 ⁶	17·10 ⁶
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,5	28·10 ⁶	17·10 ⁶
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,3	28·10 ⁶	4,5·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	30	24,8	45·10 ⁶	31·10 ⁶
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	30	26,4	45·10 ⁶	34·10 ⁶
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	30	24,7	45·10 ⁶	30·10 ⁶
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,6	28·10 ⁶	18·10 ³

Продолжение таблицы 10

Тип	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{откл} , кА	I _{пном} , кА	I _{птрасч} , кА	В _{кном} , А ² /с	В _{красч} , А ² /с
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,55	28·10 ⁶	16807
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,19	28·10 ⁶	2·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,19	28·10 ⁶	2·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,3	28·10 ⁶	4,5·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,8	28·10 ⁶	42588
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,8	28·10 ⁶	42588
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,6	28·10 ⁶	18·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,2	28·10 ⁶	2·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,79	28·10 ⁶	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,6	28·10 ⁶	18·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	30	27,8	45·10 ⁶	39·10 ⁶
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	30	27,3	45·10 ⁶	37·10 ⁶
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	30	27,3	45·10 ⁶	37·10 ⁶
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,78	28·10 ⁶	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,77	28·10 ⁶	42·10 ³
ТОЛ-СЭЩ-10	10,5	1000	5	20	0,77	28·10 ⁶	42·10 ³

Для выбора трансформаторов напряжения необходимо определить номинальную и расчетные мощности подключённых к ТН приборов по выражению (26):

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2} \quad (24)$$

где $P_{\text{приб}}$ – активная мощность потребляемая приборами, Вт;

$Q_{\text{приб}}$ – реактивная мощность потребляемая приборами, вар.

Определяется суммарная мощность приборов подключаемых ко вторичной обмотке ТН по выражению (26):

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{6,52^2 + 3,7^2} = 7,49 \text{ ВА}$$

В таблице 11 приведены характеристики трансформаторов напряжения устанавливаемых на РП.

Таблица 11 – Трансформаторы напряжения на РП

РП	Тип	U _{ном} , кВ	S _{2Σном} , ВА	S _{2Σрасч} , ВА
1	НАЛИ СЭЦ 10	10,5	800	7,49
2		10,5	800	7,5
3		10,5	800	8,0

Выводы по разделу. В данном разделе выпускной квалификационной работы выбраны вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЦ-10 производства ЗАО «Электроцит-Самара». В качестве трансформаторов тока и напряжения выбраны трансформаторы тока типа ТОЛ-СЭЦ-10 и трансформаторы напряжения типа НАЛИ-10.

Заключение

Выполнен проект электроснабжения завода бурового оборудования.

На первом этапе выполнен расчет электрических нагрузок по производству.

Полученные результаты расчета электрических нагрузок использованы для выбора распределительных трансформаторов, сечения жил кабельных линий системы электрооборудования и электрохозяйства завода бурового оборудования.

В работе предложено выбрать сухие трансформаторы марок ТСЗ-160, ТСЗ-630, ТСЗ-1000, ТСЗ-1250, ТСЗ-1600 производства ОАО «Группа СВЭЛ». Преимуществами установки таких трансформаторов является пожаробезопасность, простота монтажа и эксплуатации.

В качестве компенсирующих устройств приняты установки компенсации реактивной мощности серии УКН 58

В работе выполнен выбор высоковольтных электродвигателей для замены существующих. В качестве замены выбраны электродвигатели марок ДАЗ04, ДАЗ0, СТД, ДСВ.

На втором этапе по расчетным электрическим нагрузкам проведен выбор сечения и марки кабелей. В работе предложено выбрать к применению кабели типа АСБГ и АПвБВнг. Преимуществом данных кабелей является улучшенные характеристики изоляции, в том числе применение сшитого полиэтилена.

На третьем этапе выполнен расчет токов трехфазного короткого замыкания и токов однофазного короткого замыкания на землю. Полученные в расчете данные использованы для выбора электрических аппаратов, таких как выключатели и измерительные трансформаторы а так же для расчета заземления.

В работе предложено выбрать вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-10 производства ЗАО «Электроцит-Самара». Преимуществом вакуумных выключателей является пожаробезопасность, простота обслуживания и монтажа.

В качестве трансформаторов тока и напряжения предложено применить трансформаторы тока типа ТОЛ-СЭЩ-10 и трансформаторы напряжения типа НАЛИ-10.

При проектировании системы электрооборудования и электрохозяйства использовались современные и актуальные нормы проектирования и руководящие документы, перечень которых представлен в списке использованных источников с п.1 по 6.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы спроектирована система электрооборудования и электрохозяйства отвечающая требованиям надежности и качества электроснабжения.

Список используемых источников

1. РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок промышленных предприятий. М: ОАО Тяжпромэлектропроект, 1992. 9 с.
2. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Норматика, 2016. – 464 с.
3. 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.
4. 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.
5. Нормы технологического проектирования электроснабжения промышленных предприятий. М: ОАО Тяжпромэлектропроект, 1994. 70 с.
6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М: Издательство Аст, 2016. 262 с.
7. ГОСТ-52735-2007 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1000 В. М: Стандартинформ, 2007. 54 с.
8. 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.
9. Степкина, Ю.В. Проектирование электрической части понизительной подстанции: учеб. метод. пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования. Тольятти: ТГУ, 2007. 124 с.
10. 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.

11. Асинхронные двигатели. Самара: СГТУ, 2008. 142 с.
12. Макаричев Ю.А., Овсянников В.Н. Синхронные машины. Самара: СГТУ, 2010. 156 с.
13. В.И. Готман Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. Томск: ТПУ, 2013. 120 с.
14. Киреева Э.А. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. М: Кнорус, 2017. 368 с.
15. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. М: Интернет Инжиниринг, 2006. 672 с.
16. Лизунов С.Д., Лоханин А.К. Силовые трансформаторы: справочная книга. М: ГУП ВЭИ, 2004. 616 с.
17. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие. М: Инфра-М, 2013. 271 с.
18. Годжелло А.Г., Ю.К. Розанов Электрические и электронные аппараты. М: Издательский центр Академия, 2010. 352 с.
19. Панова А.В. Экономика энергетики: учебное пособие. Владимир: ВлГУ, 2013. 87 с.
20. Анфилофьев Б.А., Скачкова Е.А. Электробезопасность. Расчет защитного заземления. Самара: СамИИТ, 2002. 18 с.
21. 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.
22. W.H. Tang, Q.H. Wu Condition monitoring and assessment of power transformers using computational intelligence. Liverpool: The University of Liverpool, 2011. 194 p.
23. Riley J. System relay protection. // Competition and choice in electricity – Seattle, 2016. p. 211-220.

24. Shaohua C., Ma Biyan A comprehensive and quantitative calculation of the reliability of relay protection systems // Competition and choice in electricity – Seattle, 2016. p. 101-115.

25. Jensen C. F. Online Location of Faults on AC Cables in Underground Transmission Systems. Alborg: Department of Energy Technology, 2014. p. 221.