

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 Электроснабжение прессового производства автозавода

Студент

Д.В. Стасенко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. В.И. Платов

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

Тольятти 2021

Аннотация

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является проектирование электроснабжения прессового производства автозавода.

Предметом исследования является электрооборудование прессового автозавода.

Целью выпускной квалификационной работы является спроектировать систему электроснабжения прессового производства автозавода, отвечающую всем правилам и стандартам.

В соответствии с этой целью был решен ряд взаимосвязанных задач.

Выбор схемы электроснабжения прессового производства автозавода является наиболее важной технико-экономической задачей, поскольку функционирование большинства систем автозавода и удовлетворенность потребителей электроэнергии зависят от их выбора.

Проведено всестороннее технико-экономическое сравнение схем электропитания и определены наиболее желательные варианты электроснабжения. Произведен расчет электрических нагрузок цехов, определения числа и мощности трансформаторов. Произведен расчет токов короткого замыкания.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ существующей системы электроснабжения прессового производства.....	6
1.1 Общие сведения о прессовом производстве и характеристика проблем его энергоснабжения.....	6
1.2 Характеристика источников и приемников электроэнергии	7
1.3 Расчет электрических нагрузок объекта.....	9
2 Построение картограммы электрических нагрузок.....	12
2.1 Выбор схем электроснабжения и заземления	12
2.2 Обоснование состава трансформаторной подстанции.....	17
2.3 Проектирование распределительной сети.....	18
3 Определение числа и мощности трансформаторов ГПП.....	23
3.1 Расчет токов короткого замыкания.....	24
3.2 Релейная защита трансформатора ТД – 16000/35	32
3.3 Расчет молниезащиты ОРУ 35 кВ	34
3.4 Организация технического обслуживания и ремонтов измерительных трансформаторов напряжения и КТП.....	37
Заключение	45
Список используемых источников.....	46

Введение

Система электроснабжения должна соответствовать определенным техническим и требованиям надежности и экономии. Она должны обладать минимальными затратами на выполнение всех технических задач, обеспечивать необходимую надежность, быть удобными в эксплуатации и безопасном обслуживании, а также обладать гибкостью для обеспечения оптимальной работы в обычных аварийных ситуациях и вблизи них.

Внутренней системы электроснабжения основана на общих принципах построения схем внутрицехового распределения электроэнергии. Характерной особенностью схем распределения мощности внутри станции является большая разветвленная сеть и наличие большого количества коммутационных и защитных устройств, что существенно влияет на технико-экономические показатели и надежность энергосистемы.

Системы электропитания для промышленных предприятий предназначены для обеспечения электроэнергией электродвигателей, печей, осветительных приборов, сварочных аппаратов и других машин.

Основными источниками электроэнергии на данный момент являются теплоэлектростанции и гидроэлектростанции. Там синхронные трехфазные генераторы вырабатывают электроэнергию.

По мере развития энергопотребления энергосистемы промышленных предприятий становятся все более сложными. К ним относятся высоковольтные сети, распределительные сети и в некоторых случаях промышленные тепловые электростанции. Осуществлять планирование масштабных производственных процессов с помощью телесигнализации и телеуправления, а также проводить активную работу по энергосбережению.

Проблема электромагнитной совместимости электрического приемника с электрическими сетями создает новые научно-технические проблемы при дизайне и использовании промышленных электрических сетей. Решение этой проблемы возможно путем освоения нескольких многофункциональных

инструментов компенсации реактивной мощности, которые одновременно улучшают качество электроэнергии несколькими способами. Внедрение этих устройств приводит к снижению потерь энергии.

При проектировании сети промышленного предприятия необходимо учитывать компенсацию реактивной мощности, что повышает технико-экономические показатели спроектированной системы электроснабжения, и обеспечивать надежное снабжение потребителей промышленного предприятия,

ВКР – заключительный этап обучения, в которой студент применяет изученные основы. Она направлена на обогащение теоретических знаний студентов, улучшения аналитического мышления и навыков использования компьютерных технологий по выполнению как графической части, так и вычислительной части работы.

1 Анализ существующей системы электроснабжения прессового производства

1.1 Общие сведения о прессовом производстве и характеристика проблем его энергоснабжения

«Минский автомобильный завод, который всегда играл важную роль в развитии экономики республик бывшего Союза и теперь отвечает потребностям Республики Беларусь и других стран СНГ в отношении транспортных средств.

С целью перехода завода на производство нового конкурентоспособного оборудования был создан проект модернизации предприятия, который охватил практически все производство. В период 2000-2011 годов завод значительно обновил инвентарь прессового оборудования, приобрел 26 механических производственных центров и ввел в эксплуатацию линию импортного порошкового покрытия.

В период 2006-2011 гг. с целью модернизации производства и повышения качества продукции была рассмотрена возможность масштабной реконструкции. Сначала это касалось основных компонентов автомобиля-кабины, рамы, моста и других узлов.

В 2008 году в рамках развития производства легковых автомобилей было объявлено о реформе производственных мощностей. В связи с высокой плотностью внутренней сборки компании планируется перенести литейный и кузнечный цех подальше от завода» [21].

«В задачи производства автомобильного завода «МАЗ2 входят:

- 1) доходы от продажи товаров потребителям (выполнена работа, оказанные услуги);
- 2) застраховать потребителей на продукцию компании в соответствии с контрактами и рыночным спросом;

3) обеспечение оплаты труда работников, нормальных условий труда и возможностей повышения квалификации;

4) Охрана окружающей среды: земля, воздух и вода;

5) предотвращения сбоев в работе предприятия (перебои в поставках, сбои в производстве, резкое снижение объемов производства и снижения рентабельности).

б) качественное улучшение производственных мощностей, снижение материальной и импортной интенсивности продукции, повышение конкурентоспособности традиционных направлений специализации на основе технологического перевооружения;

Повышение эффективности внешнеэкономической деятельности за счет разработки новых видов продукции для завода и роста экспорта товаров;

Развитие отраслей импортозамещения, что позволит снизить долю импортного сырья в структуре производства, повысит эффективность внешней торговли с точки зрения баланса и экспорта, потока импорта» [21].

Основные производственные мощности прессового автозавода работают в две смены с равным графиком загрузки и количеством часов использования максимальной нагрузки 4700.

По степени надежности и требованиям к источникам бесперебойного питания большинство электроустановок относятся к потребителям второй категории. Потребители первой категории включают компрессорную станцию, оснащенную двумя двигателями мощностью 1600 кВт каждый.

К потребителям третьей категории относится оставшаяся часть электрооборудования, согласно ПУЭ.

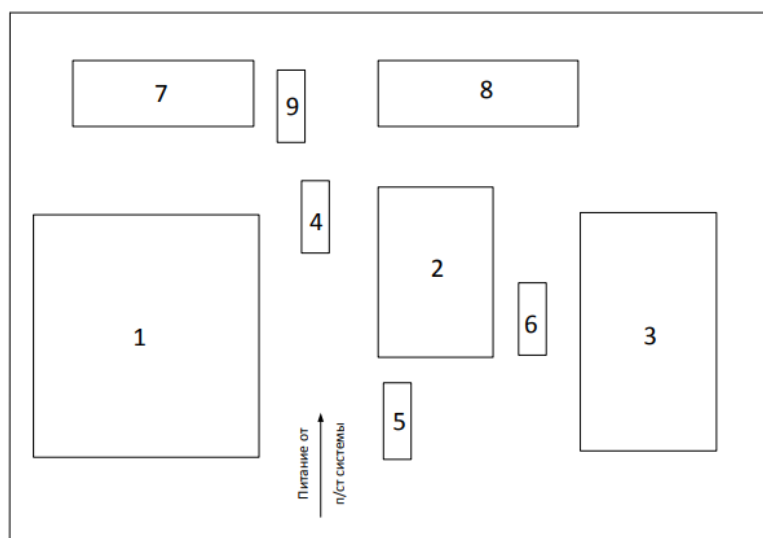
1.2 Характеристика источников и приемников электроэнергии

Сведения об электрических нагрузках по цехам прессового производства автозавода представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Электрические нагрузки прессового автозавода

Наименование	Количество эл. энергии	Установленная мощность, кВт	
		Одного эл. приёмника	Суммарная
1. Главный корпус	30	5–150	3100
2. Склад №2	30	5–50	1000
3. Металлообработка	40	5–150	3820
4. Компрессорная:			
а) 0,4 кВ,	20	1–40	550
б) синхронный двигатель 10 кВ	4	1600	6400
5. Бытовой корпус №1	20	5–50	800
6. Бытовой корпус №2	20	5–50	800
7. Вспомогательный корпус	50	5–100	3310
8. Склад №1	25	10–30	425
9. Центральный тепловой пункт			
а) 0,4 кВ,	25	5–30	600
б) синхронный двигатель 10 кВ	2	800	1600

Схема генплана прессового производства автозавода представлена на рисунке 1.



1 – Главный корпус; 2 – Склад №2; 3 – Металлообработка; 4 – Компрессорная; 5 – Бытовой корпус №1; 6 – Бытовой корпус №2; 7 – Вспомогательный корпус; 8 – Склад №1; 9 – Центральный тепловой пункт

Рисунок 1 – Генплан прессового производства автозавода

Питание может подаваться от районной подстанций, с установленными на ней трансформаторами мощностью 40 МВА, напряжение 35/10 кВ (трансформаторы работают отдельно), или путем глухой отпайки от

транзитной двухконтурной сети ЛЭП 110 кВ. Мощность короткого замыкания в точке отпайки 1200 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5,5 км, от транзитной ЛЭП 12,0 км. Завод работает в две смены.

1.3 Расчет электрических нагрузок объекта

«Расчетная нагрузка – это постоянная нагрузка, эквивалентная фактической постоянной тепловой нагрузке. Подбирать оборудование и сечение проводов необходимо по условиям нагрева допустимым током» [6].

«Для расчетов на этапе проектной задачи при сравнении вариантов и других приблизительных расчетах, при отсутствии точных данных по силовым приемникам, расчетная активная нагрузка будет определяться по формуле, кВт

$$P_p = K_c \cdot P_{\text{ном}}; \quad (1)$$

где K_c – коэффициент спроса;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электроприемников цеха, кВт.

Расчетную реактивную нагрузку определим по формуле, квар:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (2)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности.

Нагрузка освещенности находится по формуле, кВт

$$P_{po} = P_{\text{ном.о}} \cdot K_{co}; \quad (3)$$

где K_{co} – коэффициент спроса на осветительную установку;

$P_{\text{ном.о}}$ – номинальная мощность осветительной установки.

$$P_{\text{ном.о}} = P_{\text{уд}} \cdot F; \quad (4)$$

где $P_{\text{уд}}$ – удельная плотность нагрузки на 1 м^2 площади, кВт/м²;

F – площадь соответствующего цеха, м².

Результаты расчетов электрических нагрузок цехов сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчета цехов прессового автозавода

Наименование	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка							Суммарная нагрузка		
	$P_{\text{ном}}$, кВт	K_c	$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$	P_p , кВт	Q_p , квар	F , м ²	$P_{\text{уд.о.2}}$, кВт/м ²	$P_{\text{к.о.}}$, кВт	$P_{\text{р.о.}}$, кВт	$K_{\text{с.о.}}$	$Q_{\text{р.о.}}$, квар	$\text{tg } \varphi_0$	$P_p + P_{\text{р.о.}}$, кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
Потребители 0,4 кВ																
1. Главный корпус	3100	0,7	0,8	0,75	2170	1627,5	57810	0,014	809,3	687,9	0,85	225,6	0,33	2858	1853,1	3406,2
2. Склад №2	1000	0,5	0,8	0,75	500	375	20780	0,014	291	247,3	0,85	81,1	0,33	747,3	456,1	875,5
3. Металлообработка	3820	0,6	0,8	0,75	2292	1719	33515	0,015	503	427,3	0,85	140,2	0,33	2719	1859,2	3294,1
4. Компрессорная	550	0,8	0,8	0,75	440	330	1900	0,014	26,5	22,6	0,85	7,4	0,33	462,6	337,4	572,6
5. Бытовой корпус №1	800	0,45	0,8	0,75	360	270	2030	0,014	28,4	24,2	0,85	7,9	0,33	384,2	277,9	474,2
6. Бытовой корпус №2	800	0,45	0,65	1,17	360	420,9	1900	0,014	26,7	22,6	0,85	7,4	0,33	382,6	428,3	574,3
7. Вспомогательный корпус	3310	0,55	0,7	1,02	1820,5	1857,3	12150	0,015	182,1	154,9	0,85	50,8	0,33	1975	1908,1	2746,5
8. Склад №1	425	0,5	0,75	0,88	212,5	187,41	13670	0,014	191,2	162,7	0,85	53,4	0,33	375,2	240,8	445,8
9. Центральный тепловой пункт	600	0,8	0,8	0,75	480	360	940	0,015	14,1	12	0,85	3,9	0,33	492	363,9	611,9
Освещение территории	-	-	-	-	-	-	437400	0,00016	69,9	69,9	1	22,9	0,33	69,9	22,9	73,7
Итого по 0,4 кВ	14405	-	-	-	8635	7147,1	-	-	-	1831,4	-	-	-	1046,6	7747,7	13074,8
Потребители 10 кВ																
Компрессорная: б) синхронный двигатель 10 кВ	6400	0,8	0,8	0,75	5120	-	-	-	-	-	-	-	-	5120	-	5120
Центральный тепловой пункт: б) синхронный двигатель 10 кВ	1600	0,8	0,8	0,75	1280	-	-	-	-	-	-	-	-	1280	-	1280
Итого по 10 кВ	8000	-	-	-	6400	-	-	-	-	-	-	-	-	6400	-	6400
Итого по автозаводу	22405	-	-	-	15035	7147	-	-	-	1831,4	-	-	-	16866	7748	19474,8

Полная расчетная мощность цеха, кВ·А

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{po})^2 + Q_p^2}. \quad (5)$$

Рассчитываем на примере цеха №1. Для цеха принимаем газоразрядные лампы $\cos\varphi = 0,95$, откуда $tg\varphi_{po} = 0,328$;

$$P_p = 0,7 \cdot 3100 = 2170, \text{ кВт};$$

$$Q_p = 2170,0 \cdot 0,75 = 1627,5 \text{ квар};$$

$$P_{ном} = 0,014 \cdot 57810,0 = 809,3 \text{ кВт};$$

$$P_{po} = 809,3 \cdot 0,85 = 687,939 \text{ кВт};$$

$$S_p = \sqrt{(2170,0 + 687,939)^2 + (1627,5 + 225,64)^2} = 3406,2 \text{ кВА}.$$

Аналогичным образом рассчитываем и остальную загрузку для остальных цехов. Итоги вычислений вносим в таблицу 2, затем рассчитывается общая нагрузка потребителей энергии 0,4 кВ и 10 кВ

Вывод по разделу 1

Основа правильного построения и эксплуатации систем ЭС – правильное определение электрических нагрузок. Расчетная нагрузка – это постоянная нагрузка, эквивалентная фактической постоянной тепловой нагрузке. Подбирать оборудование и сечение проводников необходимо по условиям нагрева длительно допустимым током.

Рассчитаны электрические нагрузки цехов завода.

2 Построение картограммы электрических нагрузок

2.1 Выбор схем электроснабжения и заземления

Внутренние схемы электроснабжения промышленных предприятий и общественных зданий работают по радиальной, магистральной и смешанной схемам.

"Распределительная сеть обычно осуществляется по радиальным цепям, а питающая сеть по радиальным или магистральным линиям.

Радиальные схемы характеризуются линиями, которые питают крупные приемники энергии или распределительные пункты вдали от источников питания, в то время как независимые линии, которые питают другие маломощные приемники, отклоняются от них [11].

Недостатками радиальных цепей являются: увеличивается расход проводящих материалов, устройств защиты и коммутации, а также требуется дополнительное пространство для установки распределительных панелей питания» [11].

В схемах несколько приемников питаются по магистральной, что помогает экономить проводящий материал, что снижает стоимость электрической цепи. Магистральная сеть позволяет использовать шинопроводы. Сеть характеризуется большой гибкостью, позволяющей перемещать технологическое оборудование без существенных изменений в энергосистеме.

Недостатками таких сетей являются: сниженная надежность (если линия повреждена, все приемники теряют мощность), высокий ток короткого замыкания.

Учитывая характеристики двух схем, на практике обычно используются смешанные схемы. Крупные приемники питаются отдельно по радиальным схемам, а остальные по магистральной.

Выбор конкретной цепи определяется многими факторами, такими как расположение технологического оборудования, источники энергии, размер и характер нагрузки на приемники, требования к источнику бесперебойного питания, технические и экономические соображения, а также условия окружающей среды.

Схема электроснабжения, приведенная на рисунке 2, состоит из четырех распределительных пунктов.

Тип кабеля и его поперечное сечение определяются средой мастерской и величиной номинального тока. Сечение кабеля выбирается в соответствии с указанным допустимым длительным током:

$$I_{\text{дл.доп}} = \frac{K_3 \cdot I_3}{K_t \cdot K_n} \quad (6)$$

где $I_{\text{дл.доп}}$ – длительно-допустимый ток кабеля с учетом всех коррекций;

K_3 – коэффициент защиты;

K_t – температурный коэффициент;

K_n – поправочный коэффициент.

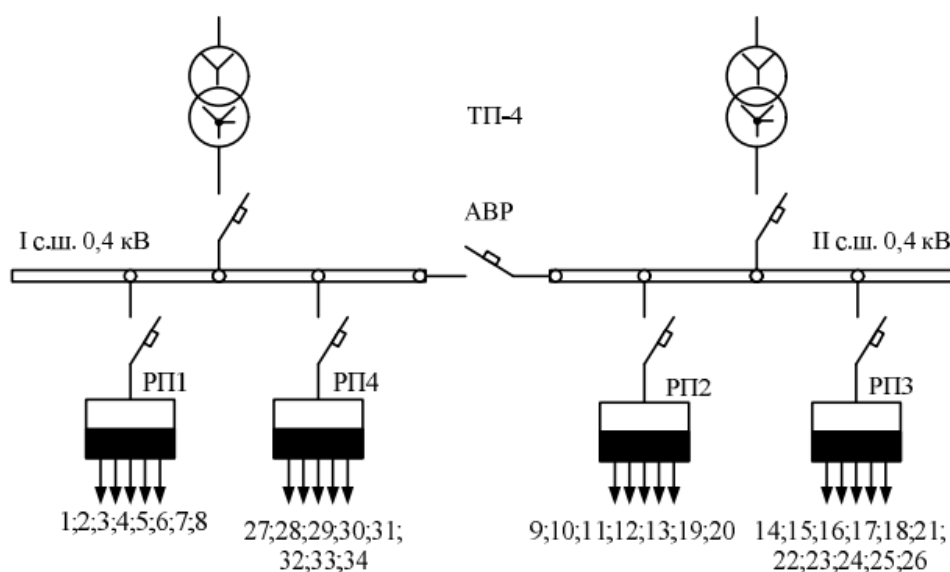


Рисунок 2 –Схема электроснабжения прессы цеха

Так как все линии, отходящие от магистрали, защищаются автоматическими выключателями, то для сетей, не требующих защиты от перегрузки. Ток I_3 равен расчетному току.

Выбираем тип и сечение кабельной линии, которая проходит от главной шины до РП1. Для этого определяем по формуле допустимый длительный ток кабеля.

Выбираем кабели АВВГ с алюминиевой жилой, изоляцией и оболочкой из ПВХ для прокладки в воздухе. Тип и сечение выбранных кабелей внесены в таблицу 3 и таблицу 4.

Поскольку трансформаторы цеха и ГПП еще не определены, потери мощности в них определяются из соотношений:

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot S; \quad (7)$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot S; \quad (8)$$

$$S_p = \sqrt{\left(\sum P_p + \sum P_{po}\right)^2 + \sum Q_p^2}; \quad (9)$$

Таблица 3 – Выбор кабельных линий для РП

Линия 1	I_p, A	$I_{доп}, A$		Тип кабеля
		расчетный	принятый	
РП1	157,8	173,8	193	АВВГ 4x70
РП2	170,1	187,3	193	АВВГ 4x70
РП3	417,1	458,1	465	АВВГ 4x240
РП4	22,1	24,2	64	АВВГ 4x16

Таблица 4 – Выбор кабельных линий для ЭП

Линия 1	I, A	$I_{доп}, A$		Тип кабеля
		расч.	прин.	
1, 2, 3 Кузнечно-штамповочные автоматы	36,4	38,6	42	АВВГ 4x6
4, 5, 6, 7, 8 Прессы электромеханические	41,2	44,9	64	АВВГ 4x10
9, 10, 11, 12 Прессы фрикционные	42,3	45,7	64	АВВГ 4x10
13 Кран-балка	31,5	33,4	35	АВВГ 4x4
14, 15, 16, 17, 18 Молоты ковочные	68,4	73,5	83	АВВГ 4x16

Продолжение таблицы 4

19, 20 Вентиляторы	22,7	24,6	27	АВВГ 4х2,5
21, 22, 23, 24, 25, 26 Прессы кривошипные	46,8	49,8	64	АВВГ 4х10
27, 28 Насосы масляные	20,8	22,1	27	АВВГ 4х2,5
29, 30 Наждачные станки	32,4	34,5	42	АВВГ 4х6
31, 32 Шлифовальные станки	63,5	69	83	АВВГ 4х16
33, 34 Сверлильные станки	17,3	18,3	27	АВВГ 4х2,5

Для цеховых подстанций, кВ·А (кВт, квар)

$$S_p = \sqrt{(8635 + 1831,47)^2 + 7747,8^2} = 13022,1 \text{ кВА};$$

$$\Delta P_{\text{цт}} = 0,02 \cdot 13022,1 = 260,44 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{цт}} = 0,1 \cdot 13022,1 = 1302,21 \text{ квар.}$$

Мощность компенсирующих устройств по заводу находится по выражению:

$$Q_{\text{ку}} = Q_p'' - Q_{\text{э1}}, \quad (10)$$

где

$$Q_p'' = \sum Q_p + \sum Q_p' + \Delta Q_{\text{цт}}; \quad (11)$$

$$Q_{\text{э1}} = K_a \cdot P_p, \quad (12)$$

где $K_a = 0,29$ для напряжения питания 110 кВ и 0,24 для 35 кВ.

$$Q_{\text{э1}} = 0,29 \cdot 8635 = 2504,15 \text{ квар};$$

$$Q_p'' = 7747,8 + 0 + 1302,21 = 9050,01 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{ку}} = 9050 - 2504,15 = 6545,85 \text{ квар.}$$

Выбираем по [12, с.109] КУ типа – 4×УКЛ 57-6,3(10,5)-1800У3(У1).

Нескомпенсированная мощность на шинах 10кВ ГПП, квар

$$Q = Q_{p\Sigma} - Q_{\text{ку}}, \quad (13)$$

где $Q_{p\Sigma}$ – расчетная реактивная суммарная мощность завода, отнесенная к шинам 10 кВ ГПП с учетом коэффициента $K_{pm} = 0,95$;

$$Q_{p\Sigma} = (Q_{p\Sigma} + \sum Q'_p) \cdot K_{pm} + \Delta Q_{цт}; \quad (14)$$

$$Q_{p\Sigma} = (7747,8 + 0) \cdot 0,95 + 1302,21 = 8662,62 \text{ квар};$$

$$Q = 8662,62 - 6545,86 = 2116,76 \text{ квар}.$$

Потери активной мощности в компенсирующих устройствах:

$$\Delta P_{ку} = P_{уд} \cdot Q_{ку}, \quad (15)$$

где $P_{уд}$ – удельные потери активной мощности, составляющие 0,2 % от $Q_{ку}$;

$$\Delta P_{ку} = 0,002 \cdot 6545,86 = 13,09 \text{ кВт}.$$

Общая активная мощность с учетом потерь в КУ на шинах подстанции, кВт

$$P = P_{p\Sigma} + \Delta P_{ку}; \quad (16)$$

где $P_{p\Sigma}$ – расчетная активная мощность завода, кВт, отнесенная к шинам 10 кВ с учетом коэффициента разности максимальной мощности нагрузки $K_{pm} = 0,95$;

$$P = 13675,16 + 13,09 = 13688,25 \text{ кВт},$$

$$P_{p\Sigma} = (P_{p\Sigma} + \sum P'_p) \cdot K_{pm} + \sum P_{po} + \Delta P_{цт}; \quad (17)$$

$$P_{p\Sigma} = (8635 + 6400) \cdot 0,95 + 1831,47 + 260,44 = 16375,16 \text{ кВт}.$$

Расчетная нагрузка на шинах 10 кВ ГПП с учетом компенсации реактивной мощности, кВА

$$S'_p = \sqrt{P^2 + Q^2}; \quad (18)$$

$$S'_p = \sqrt{16388,25^2 + 2116,76^2} = 16524,39 \text{ кВА.}$$

На прессовом автозаводе будет предусмотрена ГПП. Потери мощности в трансформаторах ГПП ориентировочно определяются, кВт, квар

$$\Delta P'_m = 0,02 \cdot S'_p; \quad (19)$$

$$\Delta Q'_m = 0,1 \cdot S'_p; \quad (20)$$

$$\Delta P'_m = 0,02 \cdot 16524,4 = 330,49 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q'_m = 0,1 \cdot 16524,4 = 1652,44 \text{ квар.}$$

Полная расчетная мощность автозавода на стороне высшего напряжения ГПП, кВА

$$S_p = \sqrt{(P + \Delta P'_m)^2 + (Q + \Delta Q'_m)^2}; \quad (21)$$

$$S_p = \sqrt{(16388,25 + 330,5)^2 + (2116,76 + 1652,45)^2} = 17138,35 \text{ кВА.}$$

Полная расчетная мощность автозавода на стороне высшего напряжения ГПП, равна 17138,35 кВА.

2.2 Обоснование состава трансформаторной подстанции

Чтобы выбрать рациональное напряжение для внешнего электроснабжения предприятия, напряжение сначала должно быть рассчитано по формуле Стилла, кВ

$$U = 4,34 \cdot \sqrt{l + 16P}; \quad (22)$$

$$U = 4,34 \cdot \sqrt{5,5 + 16 \cdot 17,14} = 72,58 \text{ кВ},$$

где l – расстояние от источника питания, км.

P – мощность передачи равна расчетной нагрузке автозавода и связана с шинами ВН ГПП, МВт.

По шкале напряжений находим два близлежащих значения номинального напряжения, кВ

$$U'_{cm} \leq U \leq U''_{cm}; \quad (23)$$

$$35,0 \text{ кВ} \leq 72,58 \text{ кВ} \leq 110 \text{ кВ},$$

Отбираем значения номинального напряжения в 35 кВ и 110 кВ.

2.3 Проектирование распределительной сети

По генплану завода определим и внесем в таблицу 5 координаты центров электрических нагрузок для каждого из цехов..

Таблица 5 – Координаты расположения цехов автозавода

Цех	1	2	3	4	5	6	7	8	9
х, м	32	100	150	72	91	123	36	110	66
у, м	44	59	45	72	24	48	101	101	98

Если принять для наименьшей нагрузки, равной 48,21 кВт (цех № 17), радиус, $r = 8,0$ мм, то

$$m = \frac{P_p + P_{PO}}{\pi \cdot r_{10}^2}; \quad (24)$$

$$m = \frac{215,5 + 162,67}{3,14 \cdot 8,0^2} = 1,87.$$

Принимаем масштаб $m = 2$ кВт/мм.

Находим радиус для наибольшей нагрузки при принятом масштабе, мм

$$r_{2(10кВ)} = \sqrt{\frac{P_{P12} + P_{PO12}}{\pi \cdot m}}; \quad (25)$$

$$r_{2(10кВ)} = \sqrt{\frac{5120 + 0}{3,14 \cdot 2}} = 28,55 \text{ мм},$$

Угол сектора (α) находим из отношения:

$$\alpha = \frac{360 \cdot P_{po}}{P_p + P_{po}}. \quad (26)$$

Произведем расчет характеристик картограммы для цеха № 1:

$$r_1 = \sqrt{\frac{2170 + 687,94}{3,14 \cdot 2}} = 21,33.$$

Расчеты для остальных цехов делаем также.

Рассчитываем

$$\sum (P_P + P_{PO}); \quad \sum (P_P + P_{PO}) \cdot x; \quad \sum (P_P + P_{PO}) \cdot y.$$

Находим координаты центра электрических нагрузок

$$x_0 = \frac{\sum_i^n (P_{Pi} + P_{POi}) \cdot x_i}{\sum_i^n (P_{Pi} + P_{POi})}; \quad (27)$$

$$x_0 = \frac{1293680,37}{15035 + 1831,47} = 76,7;$$

$$y_0 = \frac{\sum_i^n (P_{Pi} + P_{POi}) \cdot y_i}{\sum_i^n (P_{Pi} + P_{POi})}; \quad (28)$$

$$y_0 = \frac{1137003,86}{15035 + 1831,47} = 67,41.$$

Нагрузки в виде кругов наносим на генплан, в круге выделяем сектор осветительной нагрузки. Полученная картограмма электрических нагрузок автозавода показана на рисунке 3, а ее расчетные величины представлены в таблице 6.

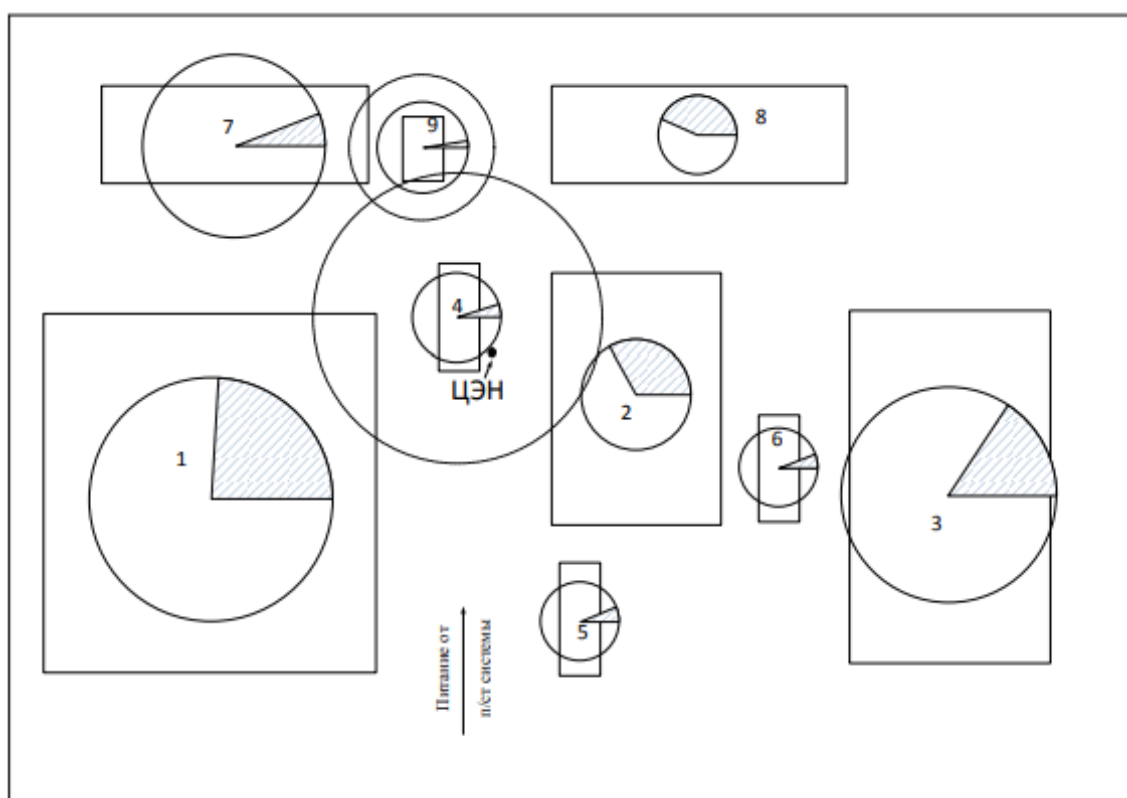


Рисунок 3 – Картограмма электрических нагрузок электроснабжения автозавода

Таблица 6 – Исходные данные и результаты расчета

№	P_p	$P_{p.o.}$	r_i	α	x_i	y_i	$(P_p+P_{p.o.}) * x_i$	$(P_p+P_{p.o.}) * y_i$
по ГП	кВт	кВт	мм	гр	м	м	кВт*м	кВт*м
0,4 кВ								
1. Главный корпус	2172	687,9	21,3	86,7	32	44	91454,1	125749,3
2. Склад №2	501	247,3	10,9	119,1	100	59	74728,2	44089,6
3. Металлообработка	2293	427,3	20,8	56,6	150	45	407897,4	122369,2
4. Компрессорная: а) 0,4 кВ	441	22,6	8,58	17,6	72	72	33307,9	33307,9
5. Бытовой корпус №1	361	24,2	7,82	22,6	91	24	34958,3	9219,8
6. Бытовой корпус №2	361	22,6	7,81	21,3	123	48	47061	18365,3
7. Вспомогательный корпус	1818	154,9	17,7	28,2	36	101	71114,85	199516,7
8. Склад №1	211	162,9	7,73	156,1	110	101	41269	37892,5
9. Центральный тепловой пункт: 0,4 кВ	478	11,9	8,85	8,8	66	98	32471	48214,5
Освещение территории	-	69,9	3,34	360	90	60	6298,6	4199,1
Итого по 0,4 кВ	8636	1831,5	-	-	-	-	840560,35	642923,9
10 кВ								
Компрессорная: б) синхронный двигатель 10 кВ	5120	-	28,55	-	72	72	368640	368640
Центральный тепловой пункт: б) синхронный двигатель 10 кВ	1280	-	14,28	-	66	98	84480	125440
Итого по 10 кВ	6400	-	-	-	-	-	453120	494080
Итого по автозаводу	15036	1831,5	-	-	-	-	1293680,37	1137003,9

Схема внутреннего электроснабжения автозавода представлена на рисунке 4.

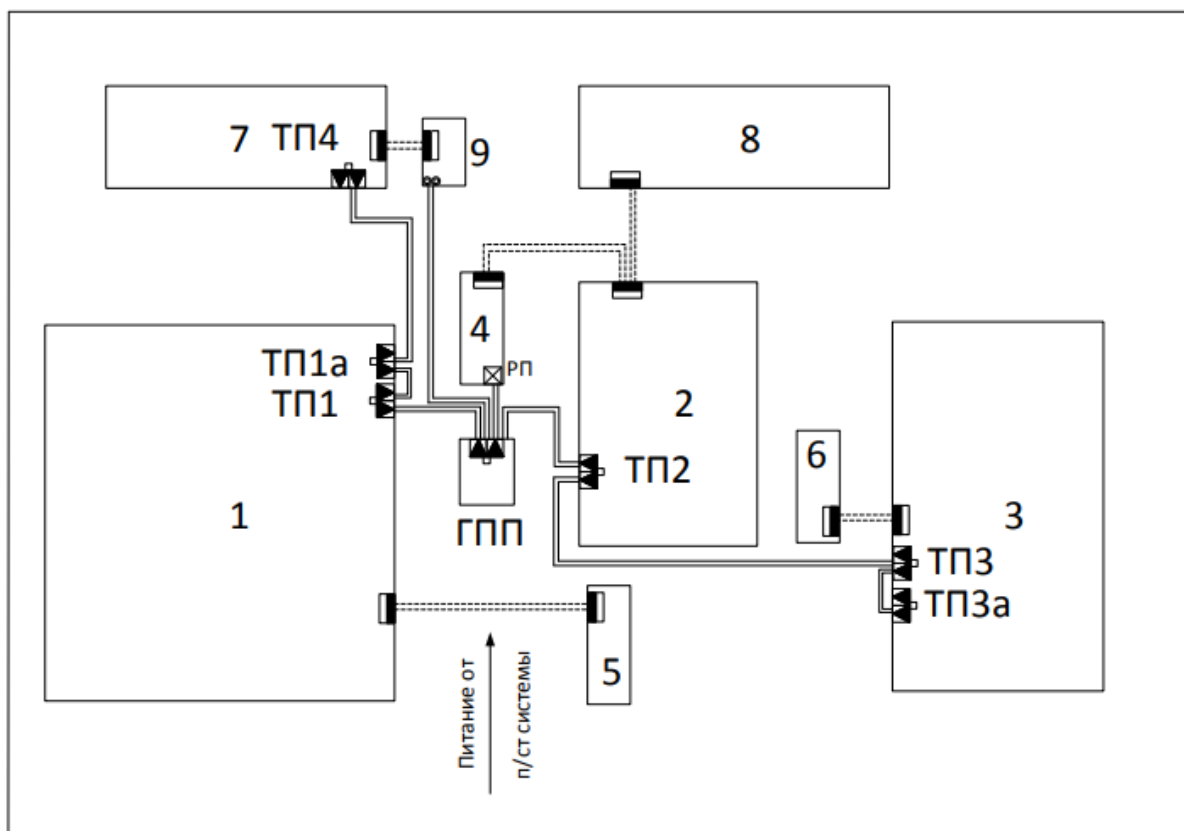


Рисунок 4 – Схема внутреннего электроснабжения автозавода

Вывод по разделу 2

Рассчитали параметры картограммы электрических нагрузок, исходные данные и результаты расчета приведены в таблице 6.

Также приведены картограмма электрических нагрузок электроснабжения завода на рисунке 3 и схема внутреннего электроснабжения завода на рисунке 4.

3 Определение числа и мощности трансформаторов ГПП

Мощность подстанции подбирается в соответствии с проектной нагрузкой предприятия при нормальной эксплуатации с учетом организации подачи реактивной мощности. В аварийном режиме, когда один трансформатор выключен, потребители получают надежное питание от другого работающего трансформатора. В то же время некоторые не ответственные потребители могут быть устранены, чтобы снизить нагрузку на трансформатор.

«В системе электроснабжения промышленного предприятия мощность силового трансформатора при нормальных обстоятельствах должна обеспечивать энергией все приемники. Надежность электроснабжения компании достигается за счет установки на подстанции двух трансформаторов. В случае аварии с одним трансформатором, другой покрывает всю электроэнергию потребителей категорий 1 и 2 с учетом перегрузочной способности трансформатора» [15].

Мощность трансформаторов ГПП выбирается по формуле, МВА

$$S_{\text{т.ном}} = \frac{S_{p\Sigma}}{K_3 \cdot n_{\text{т}}}; \quad (29)$$

где $S_{p\Sigma}$ – полная расчетная мощность завода, кВА;

K_3 – коэффициент загрузки трансформаторов;

$n_{\text{т}}$ – число трансформаторов.

$$S_{\text{т.ном}} = \frac{17138,35}{0,7 \cdot 2} = 12241,68 \text{ кВА}$$

Принимаем согласно [15] трансформатор ТД-16000/35 и трансформатор ТДН-16000/110, каталожные данные которых приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Каталожные данные трансформатора

Тип	S _{ном} , МВА	Напряжение обмоток			Потери, кВт		U _{кз} , % ВН-НН	I _{хх} , %	Цена тыс. руб.
		ВН	СН	НН	P _{хх}	P _{кз}			
ТД-16000/35	16	38,5	–	10,5	17,8	90,0	8,0	0,6	13,6
ТДН-16000/110	16	115	–	11,0	21,0	90,0	10,5	0,8	42,0

В аварийных условиях оставшийся трансформатор необходимо проверить на допустимую перегрузку с учетом возможного отключения потребителей, кВА:

$$1,4 \cdot S_{Т.НОМ} \geq S_{p\Sigma}; \quad (30)$$

$$1,4 \cdot 16000 = 22400 \text{ кВА} \geq 17138,35 \text{ кВА.}$$

3.1 Расчет токов короткого замыкания

Принимаем за базисные единицы $S_6 = 100 \text{ МВ}\cdot\text{А}$ и среднее напряжение $U_{61} = 37 \text{ кВ}$, $U_{62} = 10,5 \text{ кВ}$. Находим базисный ток, кА

$$I_{6i} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}; \quad (31)$$

$$I_{61} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ кА};$$

$$I_{62} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА.}$$

Составим схему замещения (рисунок 5) и значения ее сопротивлений.

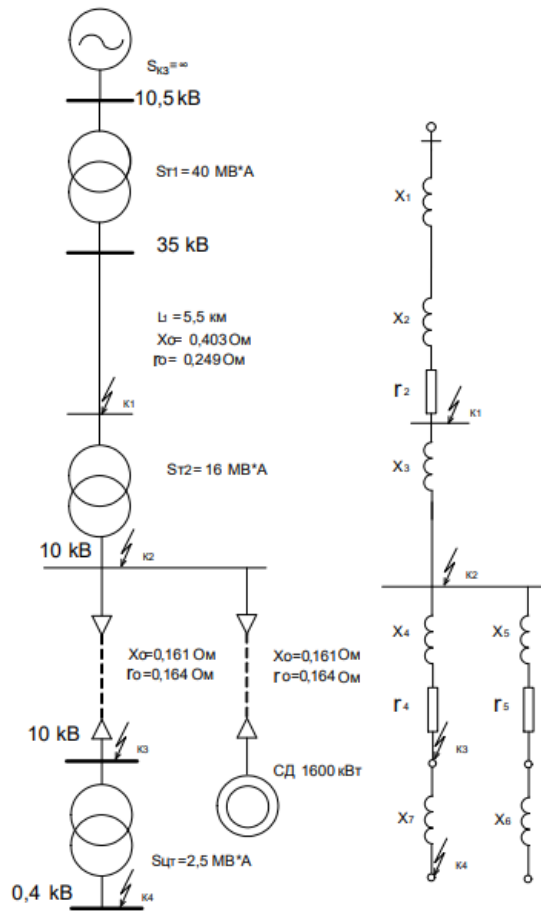


Рисунок 5 – Исходная схема и схема замещения

Сопротивление трансформатора Т1:

$$x_1 = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{НОМ.Т}}}; \quad (32)$$

где U_k – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$S_{\text{НОМ.т}}$ – номинальная мощность трансформатора, МВА.

$$x_1 = \frac{10,4}{100} \cdot \frac{100}{40} = 0,26.$$

Сопротивление линий:

$$x_i = x_{\text{уд}} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2}; \quad (33)$$

$$r_i = r_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2}; \quad (34)$$

где $x_{yд}$ – удельное индуктивное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

$r_{yд}$ – удельное активное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

l – длина линии, км;

U_{cp} – среднее напряжение линии, кВ.

Сопротивление линии L_1 :

$$x_2 = 0,403 \cdot 5,5 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,16;$$

$$r_2 = 0,249 \cdot 5,5 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,1.$$

Сопротивление трансформатора Т2:

$$x_3 = \frac{8}{100} \cdot \frac{100}{16} = 0,5.$$

Сопротивление линии L_2 :

$$x_4 = 0,161 \cdot 0,25 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0365;$$

$$r_4 = 0,164 \cdot 0,25 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0372.$$

Сопротивление линии L_3 :

$$x_5 = 0,161 \cdot 0,35 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,051;$$

$$r_5 = 0,164 \cdot 0,35 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,052.$$

Сопротивление синхронного двигателя

$$x_{\text{дв}} = x_d'' \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\text{ном.дв}}}; \quad (35)$$

где x_d'' – относительное сопротивление синхронного двигателя;

$S_{\text{ном.дв}}$ – номинальная мощность двигателя, МВА.

$$x_{\text{дв}} = 0,112 \cdot \frac{100}{2,0} = 5,6,$$

где

$$S_{\text{ном.дв}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\cos\varphi}; \quad (36)$$

$$S_{\text{ном.дв}} = \frac{1600}{0,8} = 2,0.$$

Находим сопротивление со стороны генератора до точки К1:

$$x_{\Sigma\Gamma1*} = x_1 + x_2; \quad (37)$$

$$x_{\Sigma\Gamma1*} = 0,26 + 0,16 = 0,42;$$

Находим ток КЗ в точке К1:

$$I_{\text{к.гК1}} = \frac{I_{\delta 1}}{x_{\Sigma\Gamma1*}}; \quad (38)$$

$$I_{\text{к.гК1}} = \frac{1,56}{0,42} = 3,7.$$

Находим сопротивление со стороны генератора и со стороны синхронного двигателя до точки К2.

$$x_{\Sigma\Gamma 2*} = x_{\Sigma\Gamma 1*} + x_3; \quad (39)$$

$$x_{\Sigma\Gamma 1*} = 0,42 + 0,5 = 0,92;$$

$$x_{\Sigma\text{СД}2*} = x_6 + x_5; \quad (40)$$

$$x_{\Sigma\text{СД}2*} = 5,6 + 0,051 = 5,56.$$

Находим ток КЗ в точке К2:

$$I_{\text{к.}\Gamma\text{К}2} = \frac{I_{62}}{x_{\Sigma\Gamma 2*}}; \quad (41)$$

$$I_{\text{к.}\Gamma\text{К}2} = \frac{5,5}{0,92} = 5,96 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к.сдК}2} = \frac{5,5}{5,56} = 0,99 \text{ кА}.$$

Суммарный ток в точке К2, кА

$$I_{\text{к.К}2} = I_{\text{к.}\Gamma\text{К}2} + I_{\text{к.сдК}2}; \quad (42)$$

$$I_{\text{к.К}2} = 5,96 + 0,99 = 6,95 \text{ кА}.$$

Эквивалентное сопротивление до точки К1.

$$x_{\text{Экв}2*} = \frac{x_{\Sigma\Gamma 2*} \cdot x_{\Sigma\text{СД}2*}}{x_{\Sigma\Gamma 2*} + x_{\Sigma\text{СД}2*}}; \quad (43)$$

$$x_{\text{Экв}2*} = \frac{0,92 \cdot 5,56}{0,92 + 5,56} = 0,789;$$

$$K_{pi} = \frac{x_{\text{Экв}2*}}{x_{\Sigma i}}; \quad (44)$$

$$K_{p1} = \frac{0,789}{0,92} = 0,858;$$

$$K_{pi} = \frac{0,789}{5,56} = 0,142;$$

$$x_{рез3*} = x_{эКВ2*} + x_4; \quad (45)$$

$$x_{рез3*} = 0,789 + 0,0365 = 0,826;$$

$$x_{резi*} = \frac{x_{рез3*}}{K_{pi}}; \quad (46)$$

$$x_{рез13*} = \frac{0,826}{0,858} = 0,965;$$

$$x_{рез23*} = \frac{0,826}{0,142} = 5,831.$$

Суммарный ток в точке К3, кА

$$I_{к.гi3} = \frac{I_{62}}{x_{резi*}}; \quad (47)$$

$$I_{к.гК3} = \frac{5,5}{0,965} = 5,7;$$

$$I_{к.сдК3} = \frac{5,5}{5,831} = 0,943;$$

$$I_{к.К3} = I_{к.гК3} + I_{к.сдК3}; \quad (48)$$

$$I_{к.К3} = 5,7 + 0,943 = 6,643.$$

Найдем ток в точке К4.

Приведенное сопротивление элементов схемы

$$x_{рез4;0.4} = x_{рез3*} \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2; \quad (49)$$

$$x_{рез4;0.4} = 0,828 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 = 1,202.$$

Находим сопротивление, мОм, цехового трансформатора

$$r_{цт} = \frac{\Delta P_k}{S_{н.т}} \cdot \frac{U_H^2}{S_{н.т}}; \quad (50)$$

$$x_{цт} = \sqrt{\left(\frac{u_k, \%}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_k}{S_{н.т}}\right)^2} \cdot \frac{U_H^2}{S_{н.т}} \cdot 10^6; \quad (51)$$

где ΔP_k – потери короткого замыкания, кВт.

$$r_{цт} = \frac{25,0}{2500} \cdot \frac{0,4^2}{2500} \cdot 10^6 = 0,64;$$

$$x_{цт} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{25,0}{2500}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{2500} \cdot 10^6 = 3,461.$$

Рассчитываем реактивное сопротивление, мОм, до точки К4

$$x_{\Sigma К4} = x_{рез4;0.4} + x_{цт}; \quad (52)$$

$$x_{\Sigma К4} = 1,202 + 3,461 = 4,66.$$

$$r_{\Sigma К4} = r_{цт} + r_{доб}; \quad (53)$$

$$r_{\Sigma К4} = 0,64 + 15 = 15,64.$$

Находим ток, кА, КЗ в точке К4

$$I_{к.К4} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \sqrt{x_{\Sigma К4}^2 + r_{\Sigma К4}^2}}; \quad (54)$$

$$I_{к.К4} = \frac{400}{\sqrt{3} \sqrt{4,663^2 + 15,64^2}} = 14,15.$$

Ударный ток КЗ:

$$i_{yди} = \sqrt{2} \cdot I_{к.Ки} \cdot K_{yди}; \quad (55)$$

где $K_{yо}$ – ударный коэффициент [7, табл. 3.3],

$$i_{yд1} = \sqrt{2} \cdot I_{к.К1} \cdot K_{yд1} = \sqrt{2} \cdot 3,697 \cdot 1,8 = 9,41 \text{ кА};$$

$$i_{yд2} = \sqrt{2} \cdot I_{к.К2} \cdot K_{yд2} = \sqrt{2} \cdot 6,952 \cdot 1,8 = 17,7 \text{ кА};$$

$$i_{yд3} = \sqrt{2} \cdot I_{к.К3} \cdot K_{yд3} = \sqrt{2} \cdot 6,64 \cdot 1,8 = 16,9 \text{ кА}.$$

Рассчитываем ударный ток, кА, в точке К4.

$$T_{a1} = \frac{x_{\Sigma К4}}{r_{\Sigma К4}}; \quad (56)$$

$$T_{a1} = \frac{4,663}{15,64} = 0,298;$$

$$K_{yд4} = 1,25;$$

$$i_{yд4} = \sqrt{2} \cdot 14,15 \cdot 1,25 = 25,01 \text{ кА}$$

Значение апериодической составляющей тока К3:

$$I_{at} = \sqrt{2} \cdot I_{к.К1} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}. \quad (57)$$

Время t определяет собой сумму минимального времени действий релейной защиты и собственного времени отключения конкретного выключателя (ВВУ-35-40/2000У1): $t = t_{рз} + t_{св} = 0,01 + 0,07 = 0,08$ с, для ВВЭ-10-31,5/1600У1 $t = t_{рз} + t_{св} = 0,01 + 0,055 = 0,065$ с.

Апериодическая составляющая тока К3 (8.21):

$$I_{ати} = \sqrt{2} \cdot I_{к.Ки} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}. \quad (58)$$

$$I_{ат1} = \sqrt{2} \cdot 3,697 \cdot e^{-\frac{0,08}{0,05}} = 1,05 \text{ кА};$$

$$I_{at2} = \sqrt{2} \cdot 6,952 \cdot e^{-\frac{0,065}{0,05}} = 2,68 \text{ кА};$$

$$I_{at3} = \sqrt{2} \cdot 6,64 \cdot e^{-\frac{0,065}{0,05}} = 2,56 \text{ кА};$$

$$I_{at4} = \sqrt{2} \cdot 14,15 \cdot e^{-\frac{0,065}{0,05}} = 5,45 \text{ кА};$$

Тепловой импульс находим по выражению, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$

$$B_{Ki} = I_{\text{к.Ки}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_a); \quad (59)$$

где $t_{\text{откл}} = 0,055 \text{ с}$ для 10 кВ; $t_{\text{откл}} = 0,07 \text{ с}$ для 35 кВ.

$$B_{K1} = 3,697^2 \cdot (0,07 + 0,05) = 1,64;$$

$$B_{K2} = 6,952^2 \cdot (0,055 + 0,05) = 5,07;$$

$$B_{K3} = 6,64^2 \cdot (0,055 + 0,05) = 4,63;$$

$$B_{K4} = 14,15^2 \cdot (0,055 + 0,05) = 21,02;$$

Результаты расчетов токов короткого замыкания сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчетов токов КЗ

Точка КЗ	$I_{\text{по}}, \text{кА}$	$i_{\text{уд}}, \text{кА}$	$I_{\text{ат}}, \text{кА}$	$B_{\text{к}}, \text{кА}$
К1	3,7	9,41	1,06	1,643
К2	6,67	17,7	2,69	5,097
К3	6,624	16,9	2,55	4,607
К4	14,15	25	5,45	21,02

3.2 Релейная защита трансформатора ТД – 16000/35

Основные повреждения: межфазные или многофазные замыкания в трансформаторе и на клеммах; однофазные короткие замыкания на клеммах; пожар встали сердечника.

При всех видах повреждений релейная защита срабатывает мгновенно, чтобы отключить автоматические выключатели.

Для защиты от этих типов повреждений на трансформаторе устанавливается мгновенное отключение тока на основе комплекта защиты SEPAM 1000+ типа S80.

В случае внешнего короткого замыкания и, как следствие, падения напряжения, возникает состояние перегрузки по току.

Для защиты от этого режима на трансформаторе установлена МТЗ от сверхтоков внешнего короткого замыкания.

К перегреву оборудования и износу изоляции и последующим ее повреждения приводит перегрузка, вызванная током значение которого выше номинального.

Релейная защита автоматически устраняет повреждение и ненормальное состояние элемента или секции энергосистемы из ее неповрежденных частей. Защита, установленная на силовом трансформаторе, должна либо обеспечивать его отключение в случае межфазных и обмоточных коротких замыканий, либо в случае замыкания на землю, либо давать сигнал о ненормальной работе трансформатора (перегрузка трансформатора, повышение температуры масла и т. д.). Для рассматриваемого в этом проекте трансформатора ГПП предусмотрены следующие меры защиты [13]:

1. От межфазных коротких замыканий на клеммах и обмотках трансформатора – защита от продольного дифференциального тока на основе SEPAM 1000+ тип T87;

2. Защита от сверхтоков внешних цепей и перегрузок – МТЗ на базе SEPAM 1000+ тип S80

3. Газовая защита;

4. Защита от пониженного напряжения.

Основными преимуществами газовая защиты являются: простота устройства, высокая чувствительность, короткая продолжительность действия при значительном повреждении, влияние на сигнал или на

отключение в зависимости от величины повреждения. В нашем случае газовая защита срабатывает при выключении трансформатора.

Таким образом, образование газов в корпусе трансформатора и движение масла в расширитель может быть признаком повреждения внутри трансформатора. Эти знаки используются для выполнения специальной защиты с использованием газовых реле, которые реагируют на движение газа и масла. Газовое реле установлено в трубе, соединяющей корпус трансформатора с расширителем, так что газ и масло, проходя через него, устремляются в расширитель в случае повреждения трансформатора.

3.3 Расчет молниезащиты ОРУ 110 кВ

«ОРУ-110 кВ защищен громоотводом, установленным на портале. Назначение громоотводов состоит в том, чтобы вызвать подавляющее большинство ударов молнии. Разработанный громоотвод обеспечивает защиту от прямых ударов молнии, равную $P = 0,9990$ » [2].

Молниеотводы установлены на металлических заземленных порталах, $h = 13,5$ м - высота.

В соответствии со схемой электрического подключения представим план этажа и вид в поперечном сечении блока распределения электроэнергии, на котором показаны основные размеры ворот и место установки громоотвода» [2].

«Идентифицируем объект, который требует защиты от ударов молнии, который имеет наибольшую высоту в распределительном устройстве $h_x = 10$ м.

$h'_x = 10$ м – высота защищаемого оборудования (шины);

$h_x = 6,0$ м – высота порталов;

$h = 13,5$ м – высота молниеотвода;

$h_a = h - h_x$ – высота активной части молниеотвода;

$a_1 = 4,0$ м – расстояние между молниеотводами;

$a_2 = 11,0\text{ м}$ – расстояние между молниеотводами;

r_x – зона защиты одиночного молниеотвода.

Выбираем наибольший прямоугольник, образованный точками установки молниеотводов на рисунке 6 это точки 1-2-6-5. Размеры прямоугольника 11 х 4 м» [2].

Находим по размерам этого прямоугольника длину диагонали L_{1-6} , м²

$$L_{1-6} = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}; \quad (60)$$

$$L_{1-6} = 4 + 11 = 15 \text{ м.}$$

Находим предельную высоту молниеотвода h_n :

$$h_n = 120 - \sqrt{14400 - \left(\frac{L_{1-6}}{0,0107}\right)^2}; \quad (61)$$

$$h_n = 120 - \sqrt{14400 - \left(\frac{15}{0,0107}\right)^2} = 4,64 \text{ м.}$$

Принимаем высоту молниеотвода $h = 13,5$ м. Находим параметры конуса защиты одиночного стержневого молниеотвода h_0 и r_0 , м

$$h_0 = 0,7 \cdot h; \quad (62)$$

$$h_0 = 0,7 \cdot 13,5 = 9,45 \text{ м;}$$

$$r_0 = 0,6 \cdot h; \quad (63)$$

$$r_0 = 0,6 \cdot 13,5 = 8,1 \text{ м.}$$

Находим радиус зоны защиты одиночного молниеотвода r_x на высоте шин $h_x = 6$ м, м

$$r_x = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0}; \quad (64)$$

$$r_x = \frac{8,1 \cdot (9,45 - 6,0)}{9,45} = 2,96.$$

Проверяем, чтобы трансформатор напряжения с высотой $h_x = 3,0$ м, установленный на расстоянии $L = 4,0$ м от внешнего портала распределительного устройства, находился в защитной зоне, чтобы автоматический выключатель с высотой $h_x = 4$ м установлен на расстоянии $L = 4,0$ м от крайнего портала распределительного устройства, м.

$$r_x^{\text{ТН}} = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x^{\text{ТН}})}{h_0}; \quad (65)$$

$$r_x^{\text{ТН}} = \frac{8,1 \cdot (9,45 - 3,0)}{9,45} = 5,53 > L_1 = 4,0;$$

$$r_x^{\text{Выкл}} = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x^{\text{ШР}})}{h_0}; \quad (66)$$

$$r_x^{\text{Выкл}} = \frac{8,1 \cdot (9,45 - 4,0)}{9,45} = 4,671 > L_1 = 4,0;$$

Рассчитана зона защиты для ОРУ, используя четыре стержневые молниеотвода (рисунок 6).

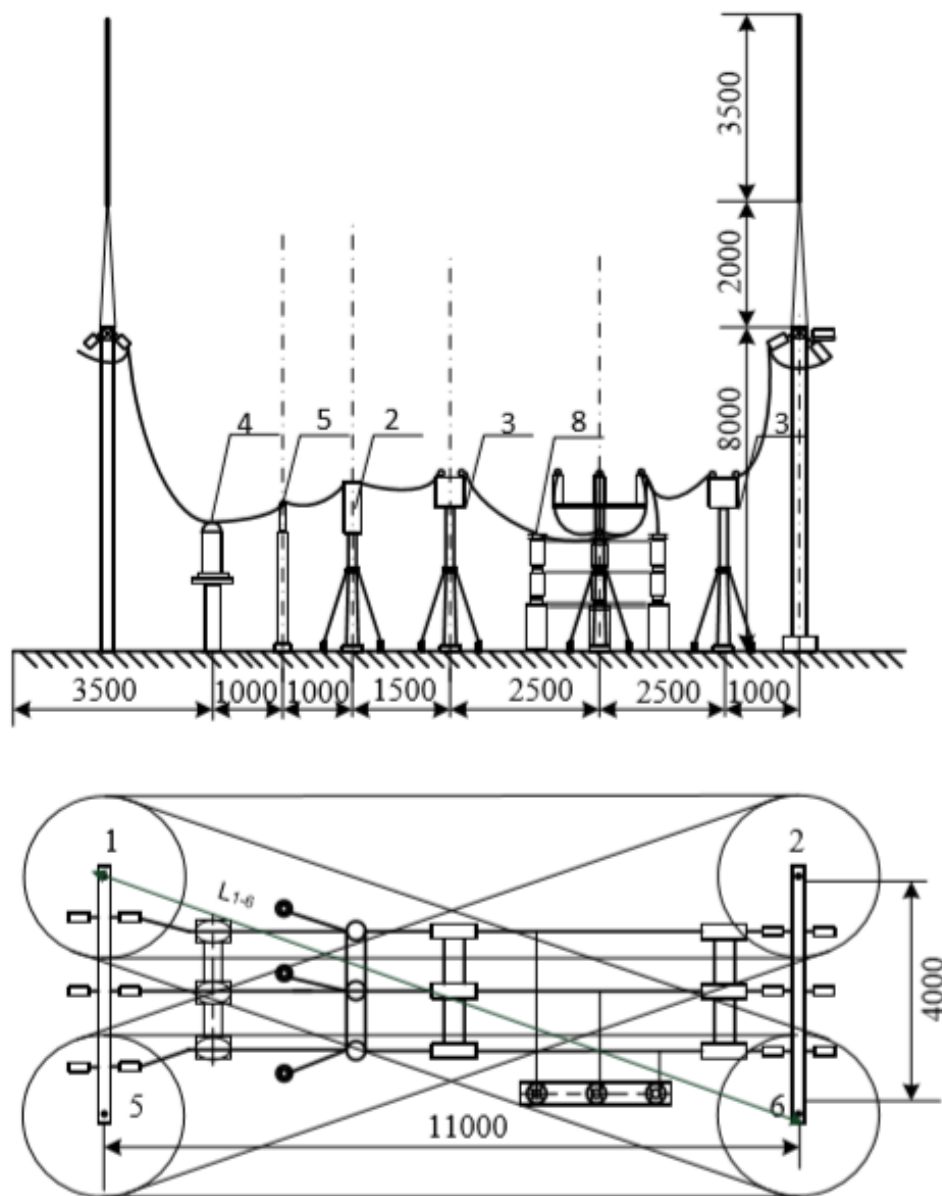


Рисунок 6 – План ОРУ 35 кВ для расчета молниезащиты

3.4 Организация технического обслуживания и ремонтов измерительных трансформаторов напряжения и КТП

3.4.1 Ремонт и обслуживание трансформаторов напряжения

«Техническое обслуживание трансформатора напряжения и его вторичной цепи осуществляется персоналом, включая работу трансформатора напряжения.

Контролируя работу трансформатора напряжения при осмотре оборудования. В этом случае обращают внимание на состояние

трансформатора напряжения, внутренний разряд и напряжение трансформатора, отсутствие следов перекрытия изоляторов и состояние усиленных соединений. При обнаружении трещин трансформаторы напряжения должны быть отключены и подвергнуты строгому осмотру и испытанию» [10].

На контрольных панелях необходимо регулярно отслеживать наличие напряжения на трансформаторах и сигнальных устройствах (дисплеях, сигнальных лампах, вызовах).

«Если вторичное напряжение отсутствует, необходимо отключить низковольтный предохранитель и автоматический выключатель. Испытуемый в эксплуатации трансформатор тока проверяет состояние изоляции и уровень масла вторичной обмотки (в масляном трансформаторе). Слабый трансформатор является источником тока для короткозамкнутой вторичной обмотки или источником вторичного тока для короткозамкнутой первичной обмотки.» [11].

«Неиспользуемые один раз в год испытанные трансформаторы тока с пониженным током и проверенным электрическим сопротивлением, а также его испытательное напряжение (испытанное в стандартном разряднике) должны быть трансформаторами с номинальным напряжением 35 кВ не менее 30 кВ. Все трансформаторы должны быть заземлены, все должны быть подключены к вторичной обмотке (корпус, фланцы, основание, основание, тележка и т.д.) защиты. Работы, связанные с коммутацией в цепях вторичной обмотки, также проводятся только после отключения трансформаторов тока от сети. Выполнение операций без отключения трансформаторов тока допускается только в цепях, оснащенных специальными закорачивающими зажимами» [10].

«Испытание изоляции первичных обмоток измерительных трансформаторов с высоким напряжением допускается проводить вместе с шиной. Испытательное напряжение устанавливается в соответствии со стандартами для электрооборудования с самым низким уровнем. Испытание

трансформаторов тока, подключенных к силовым кабелям 6–10 кВ, проводится без выравнивания (вместе с кабелями) в соответствии со стандартами, принятыми для силовых кабелей» [13].

«При испытаниях трансформаторов с углублениями активной части состояние магнитопровода и обмоток проверяется в тех же количествах, что и для силовых трансформаторов» [11].

«Перед установкой трансформаторов тока тщательно осмотрите, проверьте состояние изоляции и контактных частей, целостность и состояние литого корпуса трансформаторов ТКЛ и ТПЛ, и металлический корпус ТПОФ, и ТПФМ, а также безопасность фарфоровых изоляторов. Трансформаторы тока, в которых имеются поврежденные изолирующие элементы, имеют глубокие отверстия на корпусе, на металлическом корпусе обнаружены повреждения изоляции, обнаружены внутренние обрывы проводов вторичной цепи, их необходимо отремонтировать перед установкой» [11].

«После завершения ремонта трансформаторов тока они проходят испытания, которые обеспечивают сопротивление изоляции первичной обмотки относительно корпуса трансформатора тока и сопротивление изоляции вторичных обмоток.

Когда ток протекает через первичную обмотку трансформатора, в его разомкнутой вторичной обмотке будет создаваться опасное напряжение, что сопровождается недопустимым нагревом магнитной цепи, что может привести к повреждению изоляции или аварии» [10].

«При замене трансформатора тока новым, соединения первичной обмотки подключаются к распределительному устройству, провода вторичной обмотки соединяются с клеммами вторичной обмотки, металлическим корпусом или заземленным трансформатором заземления. Опорные трансформаторы устанавливаются в горизонтальном или вертикальном положении, а сварочные конструкции из угловой стали имеют размеры не менее 50x50x5 мм» [11].

3.4.2 Ремонт и обслуживание КТП (ТП)

«Во время обслуживания полных подстанций (КТП), силовые трансформаторы и распределительные устройства являются наиболее важными устройствами, требующими регулярного мониторинга и обслуживания.

Производитель несет ответственность за эксплуатацию машины в течение 12 месяцев с даты ввода в эксплуатацию, но не более 24 месяцев с даты поставки в Соответствии с правилами хранения, транспортировки и технического обслуживания» [9].

«Токи нагрузки в нормальном режиме не должны превышать значения, указанные в заводском руководстве. Для подстанций с двумя резервными трансформаторами рабочая нагрузка не должна превышать 70% от номинальной нагрузки. В аварийном режиме допускается перегрузка, если они защищены автоматическими комбинированными автоматическими выключателями.

Кроме показаний приборов, нагрузка на герметично закрытые Трансформаторы также оценивается по давлению внутри резервуара, которое при нормальной нагрузке не должно превышать 50 кПа на манометр» [9].

«Когда давление упадет до нуля, провеют целостность мембраны. Если он выходит из строя, трансформатор отключается и определяется причина срабатывания реле давления, а если нет повреждений (то есть реле срабатывало из-за перегрузки), устанавливается новая мембрана и включается трансформатор. В герметичных трансформаторах контроля температуры в верхних слоях масла установлены термометрические. Сигнализаторы, которые при перегреве влияют на световой или звуковой сигнал.

В трансформаторах, оснащенных фильтрами, во время работы нормальная циркуляция масла через фильтр контролируется нагревом

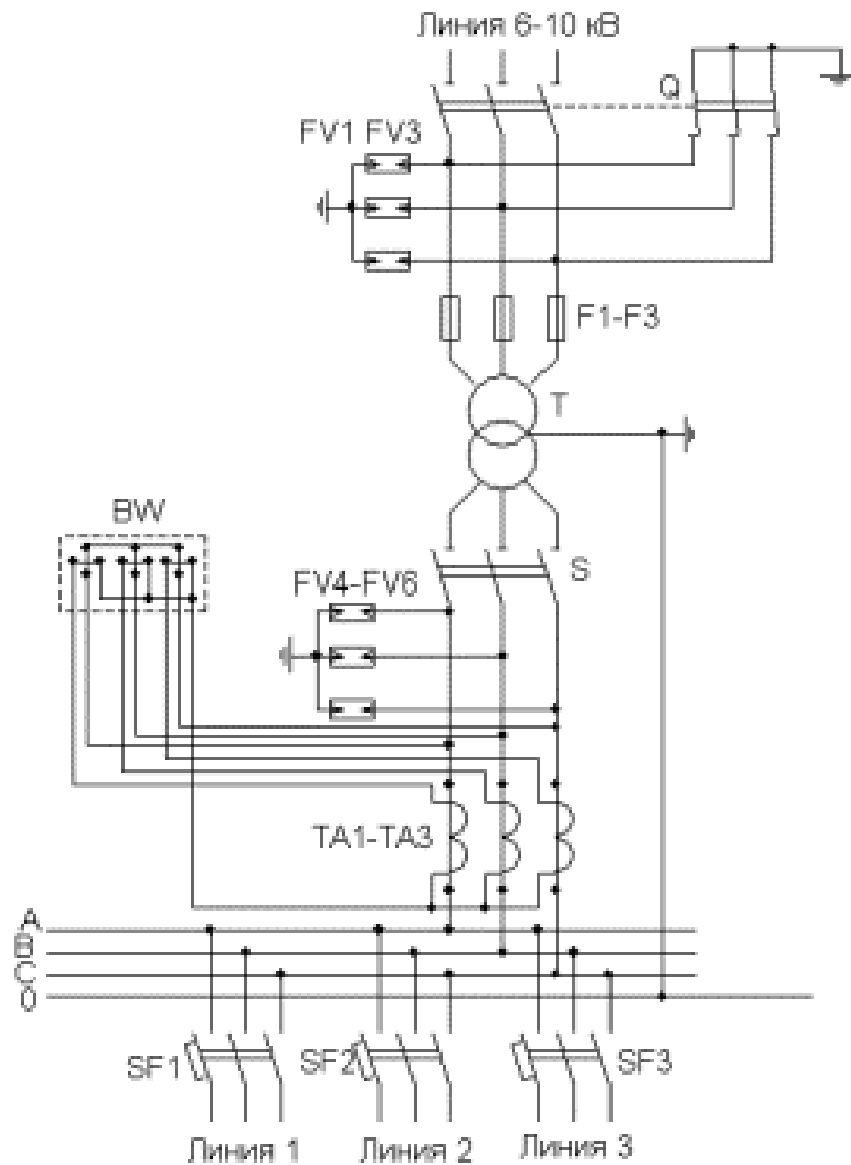
верхней части корпуса. Если в пробе масла обнаружено загрязнение, фильтр заполняется» [16].

«Контроль сушки сводится к наблюдению за цветом индикатора силикагеля. Когда большинство из них станут розовыми, весь высушенный силикагель заменяют или обновляют, нагрев до 450-500 °С в течение 2 часов, а индикатор силикагеля нагревают до 120 ° С, пока вся масса не станет черной (примерно через 15 часов).

Удаление отложений и оксидных пленок с контактной системы автоматического выключателя рекомендуется не реже одного раза в год, перемещая Автоматический выключатель против часовой стрелки до 15-20 раз.

Периодичность проверки определяется главной энергетической службой. Проверка трансформаторной станции проводится путем полного снятия напряжения на входных и выходных линиях.

Правильно спланированное техническое обслуживание является основой для безопасной работы подстанции, которая является одной из основных частей системы электроснабжения» [18]. Принципиальная схема КТП изображена на рисунке 7.



«BW – Счетчик, FV1 – FV6 разрядники, T – силовой трансформатор, S – рубильник, F1 – F3 предохранители, TA1 – TA3 – трансформаторы тока, SF1 – SF3 – автоматические выключатели» [14].

Рисунок 7 – Принципиальная схема комплектной трансформаторной подстанции

«Предназначение технического обслуживания

- Обеспечение надежности.
- Минимизация времени простоя при отключении электроэнергии.
- Предотвращение выхода из строя электрооборудования из-за износа или неправильного использования путем своевременного ремонта.

– Улучшение качества ремонтных работ при низких затратах на финансы, время и рабочую силу.

«Для технического обслуживания очень важны регулярные и внеочередные проверки обслуживающего персонала и плановый или внеочередной ремонт, когда это необходимо.

Техническое обслуживание включает в себя спасательные операции, объем которых зависит от тяжести и степени ущерба, причиненного во время аварии.

Регулирование включает в себя контроль за работой и нормальной эксплуатацией оборудования, а также поддержание и поддержание оборудования в хорошем состоянии.

После регулярных осмотров и проверок и диагностики состояния электрооборудования требуется нерегулируемое техническое обслуживание. Выполняйте техническое обслуживание для устранения дефектов во время временного простоя оборудования.

Продолжительность технического обслуживания, проведенного в соответствии с правилами, не должна превышать выполнение мелкого ремонта.

Проводить стандартизированное техническое обслуживание в соответствии с графиком, установленным Министерством энергетики предприятия. Проводятся регулярное и регулярное техническое обслуживание, регулярные осмотры, а также регулярные и специальные визуальные осмотры.

Из-за высокой сложности, продолжительности и сложности подготовительной схемы, а также выполнения самой работы, плановое техническое обслуживание в виде отдельных работ эффективно только для определенных типов электрооборудования и сетей» [4].

Дефекты, не требующие срочного ремонта, регистрируются в журнале ремонта.

При обслуживании КТП необходимо регулярно контролировать и обслуживать силовые трансформаторы.

В нормальном режиме ток зарядки не должен превышать максимально допустимые значения, указанные производителем. Для КТП с двумя взаимно поддерживаемыми трансформаторами Максимальная рабочая нагрузка не должна превышать 80% от номинальной нагрузки. Перегрузки проводов, идущие от панелей ТР, если они защищены автоматическими комбинированными триггерами, разрешена в аварийном режиме.

Периодичность проверки определяется главной энергетической службой. Проверка трансформаторной станции проводится путем полного снятия напряжения на входных и выходных линиях.

Выполнение технического обслуживания является одним из важнейших условий для быстрого восстановления работы цепи в случае чрезвычайной ситуации.

Вывод по разделу 3

В разделе выполнили расчет по выбору силовых трансформаторов ГПП, провели расчет токов короткого замыкания, рассмотрели вопросы релейной защиты силовых трансформаторов. Для защиты подстанции выполнен расчет молниезащиты. Рассмотрен вопрос по технической эксплуатации комплектных трансформаторных подстанций.

Заключение

В выпускной квалификационной работе рассмотрено электроснабжение прессового производства автозавода.

Работа современных прессовых автозаводов требует решения определенных электрических проблем. Такие, как выбор оборудования, рациональный дизайн энергосистемы, точный расчет настроек защитного оборудования. В настоящее время существует большой выбор различных электротехнических изделий, однако в данной работе мы отдаем предпочтение отечественному производителю.

В ВКР значительное внимание уделяется расчету нагрузки в автозавода, выбору электрооборудования и проверке необходимой надежности электропитания.

Современная нормативно-правовая база, в частности последние издания ПУЭ, были использованы для решения конкретных и общих вопросов.

Выбор рационального напряжения внешнего электроснабжения остановился на напряжении 110 кВ, так как планируется увеличение производственных мощностей.

Выбраны мощность, количество и место установки цеховых трансформаторов типа ТДН, обеспечивающими минимальные затраты при эксплуатации, малые габариты ТП и высокую надежность работы подстанций.

ОРУ-110 кВ защищено молниеотводами, установленными на порталах или. Целью молниеотводов является прием подавляющего большинства ударов молнии.

Рассмотрен вопрос о техническом обслуживании и ремонту оборудования системы электроснабжения автозавода.

Список используемых источников

1. Артюхов И.И. Электрооборудование электрических станций и подстанций. Саратов: СГТУ, 2005. 136с.
2. Блок В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1990. 383с.
3. Воронина А.А. Безопасность работ в электроустановках. М.: «Высшая школа», 1974. 186 с.
4. Гайсаров Р.В. Справочник по высоковольтному оборудованию электроустановок. Челябинск: ЮУрТУ, 2005. 343 с.
5. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие. Ростов н/Д: Феникс. 2006. 720 с.
6. Дробов А. В. Электроснабжение предприятий и гражданских зданий. Минск: РИПО. 2018. 431 с.
7. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003.
8. Кабышев А.В. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие . Томск: Изд–во ТПУ. 2006. 124 с.
9. Крюков, В.И. Обслуживание электрооборудования. М.: «Высшая школа», 1989. 264 с.
10. Крючков И.П. Переходные процессы в электроэнергетических системах. М.: Издательский дом МЭИ. 2008. 416 с.
11. Ктиторов А.Ф. Практическое руководство по монтажу электрических сетей. М.: «Высшая школа», 1990. 221 с.
12. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений. 2-е изд. М.: Интермет Инжиниринг. 2006. 672 с.
13. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и

дипломного проектирования: учебное пособие для вузов. 5–е изд., СПб. : БХВ Петербург, 2013. 607 с.

14. Правила устройства электроустановок. 7–е издание. М.:1999, 854 с.

15. Прессовое производство автозавода «МАЗ» [Электронный ресурс] URL: <http://maz.by/>. (Дата доступа 20.03.2020).

16. Л.М. Четошникова Релейная защита в системах электроснабжения: методические указания к выполнению курсовой работы. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013.

17. Рожкова Л.Д. Электрооборудование станций и подстанций М.: Энергоатомиздат 2010. 648с.

18. Сазыкин В.Г. Общие принципы функционирования систем электроснабжения промышленных предприятий. М.: МГТУ. 2019. 146 с.

19. Сибикин Ю.Д. Технология электромонтажных работ. М.: «Высшая школа», 1989.

20. Синенко Л.С. Электроснабжение: учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. ч. 2. Красноярск: Сиб. федер. ун–т; Политехн. Ин–т, 2007. 212 с

21. Синенко Л.С. Электроснабжение: учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию ч. 1. Красноярск: ИПЦ КГТУ. 2005. 135 с.

22. Справочник по проектированию электроснабжения. Электроустановки промышленных предприятий. М.: Энергия, 1980. 456 с.

23. Справочник по проектированию электроснабжения. М.: Энергоатомиздат. 1990. 576с.

24. СТО 4.2–07–2014. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. Красноярск: БИК СФУ. 2014. 57 с.

25. Yuldasheva A. V., Malafeev A. V. “Reliability evaluation for electric power supply management,”// Proceedings of the International scientific

symposium. Electrical power engineering. 2014, TU Varna, p. 10 – 12, Sept., 2014.

26. Yuldasheva A. V., Malafeev A.V. “The estimation of computational complexity of algorithm for calculating reliability measures,”// Problems of energy and sources saving (special issue), №3 – 4, Tashkent, 2013, pp. 200 – 206.

27. M.H.J. Bollen, “Method for reliability analysis of industrial distribution systems,” IEE Proceedings C, 140(6): 1993, p. 497.

28. P. Carer, J. Bellvis, M. Bouissou, J. Domergue, J. Pestourie, “A new method for reliability assessment of electrical power supplies with standby redundancies,”// Proceedings of the 7th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAAPS’02), Naples, Italy, pp. 179 – 184, Sept., 2002.

29. R. Billinton, R. Allan, “Reliability Evaluation of Power Systems,”. 2nd ed., New York: Plenum Press, 1996, p. 514.