

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Электрооборудование и электрохозяйство центра по продаже и обслуживанию грузовых автомобилей»

Студент	<u>А.Д. Осипов</u> (И.О. Фамилия)	_____
Руководитель	<u>Д.А. Кретов</u> (И.О. Фамилия)	_____
Консультант	<u>А.В. Кириллова</u> (И.О. Фамилия)	_____

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

« _____ » _____ 2018 г.

_____ (личная подпись)

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Целью бакалаврской работы является проектирование электрооборудования и электрохозяйства центра по продаже и обслуживанию грузовых автомобилей. Бакалаврская работа включает в себя пояснительную записку на 59 страниц, в том числе 6 рисунков, 10 таблиц, список из 22 использованных источников, включая 5 иностранных источников и 3 интернет ссылки, а также графическую часть на 6 листах формата А1.

Объектом данной работы является строящийся центр по продаже и обслуживанию грузовых автомобилей.

В работе представлено подробное описание объекта проектирования, его назначение, указано географическое местоположение и координаты, площадь и количество этажей здания, структура прилегающей территории. Далее приводится подробное описание проектирования электрохозяйства данного предприятия, выполняется расчет ожидаемых электрических нагрузок, освещения, сечения кабелей. Также производится выбор марки и количества силовых трансформаторов, светильников, электрооборудования и электрических аппаратов. Заключительная часть бакалаврской работы дает подробную информацию о системе заземления и молниезащиты здания. Эти разделы являются обязательными при проектировании систем электрохозяйства зданий и сооружений, так как от этого зависит жизнь и безопасность людей.

ABSTRACT

This graduation work is about electrical equipment and electric facilities of the center for sale and maintenance of trucks. The graduation work consists of an explanatory note on 59 pages, introduction, including 6 figures, 10 tables, the list of 22 references including 5 foreign sources and 3 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The object of the graduation work is the center for sale and maintenance of trucks.

We first describe in detail the object for the design of electricity supply, indicate its geographical location and purpose, the area and number of floors of the building, the structure of the adjacent territory. We give full coverage to the power supply system of the center, the calculation of electrical loads, lighting, cable sections, the selection of the types and number of power transformers, fixtures, electrical equipment and devices is carried out. The issues of energy efficiency and economic component are highlighted in the project's general part. The special part of the work gives details about the system of grounding and lightning protection of the building. This is a very important section, since the design and calculation of these parameters is mandatory in the design of the power supply system for buildings and structures, since this affects the life and safety of people.

The result of the graduation work is the calculation of the power supply system, the selection of electrical equipment and switching devices.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Краткая характеристика объекта проектирования	6
2 Расчет электрических нагрузок предприятия	8
2.1 Расчет электрических нагрузок на технологические нужды	8
2.2 Расчет осветительных нагрузок	17
3 Выбор и расчет мощности силовых трансформаторов.....	24
3.1 Расчет потерь в силовом трансформаторе	26
3.2 Расчет и выбор компенсирующих устройств	29
4 Выбор системы электроснабжения	31
5 Расчет токов короткого замыкания.....	34
5.1 Расчет токов КЗ на стороне выше 1 кВ	34
5.2 Расчет токов КЗ на стороне ниже 1 кВ	35
6 Выбор электрооборудования системы электроснабжения.....	39
6.1 Выбор автоматических выключателей	39
6.2 Выбор разъединителей	40
6.3 Выбор трансформаторов тока.....	41
6.4 Выбор кабелей.....	42
7 Расчет заземляющих устройств.....	51
8 Молниезащита здания	53
9 Монтаж систем внутреннего освещения	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	58

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире электрохозяйство предприятий, организаций, учреждений, а также жилых и нежилых помещений занимает очень важную роль, так как в настоящее время невозможно представить образ жизни человека без электрической энергии, а также осуществлять технологические и производственные процессы на предприятиях.

В настоящее время строится, а также модернизируется огромное количество различных по назначению объектов, для которых проектируются индивидуальные системы электрохозяйства, выбирается электрооборудование, без которых данные объекты не смогут полноценно функционировать и выполнять свою роль. А это значит, что проектирование электрооборудования и электрохозяйства – дело не только очень ответственное, но и перспективное.

Отсюда и вытекает актуальность данной бакалаврской работы, объектом которой является строящийся центр по продаже и обслуживанию грузовых автомобилей, целью которой является проектирование электрохозяйства, а также выбор электрооборудования данного сервисного центра. Для достижения данной цели необходимо выделить ряд этапов:

- Выполнить расчет ожидаемых электрических нагрузок предприятия;
- Выполнить расчет осветительных нагрузок предприятия, выбрать количество, тип, мощность светильников;
- Исходя из полученных значений электрических нагрузок, определить мощность и количество силовых трансформаторов;
- Выбрать схему электроснабжения объекта проектирования;
- Рассчитать токи короткого замыкания на стороне выше и ниже 1 кВ;
- Произвести расчет параметров и выбор электрооборудования, коммутационных аппаратов с учетом их работы в аварийном режиме;
- Выполнить расчет заземления и молниезащиты здания.

1 Краткая характеристика объекта проектирования

Объектом бакалаврской работы является сервисный центр по продаже и обслуживанию грузовых автомобилей. Данный объект расположен на территории Самарской области, в Ставропольском районе, 980 км федеральной автодороги М5 «Урал».

На участке данного предприятия предусмотрено несколько планировочных зон:

а) предзаводская – с размещением стоянки личного автотранспорта работников и клиентов;

б) производственная (разгрузочная зона для прибывающих товаров и материалов, которая размещается внутри площадки);

С южной стороны перед сервисным центром предусмотрены площадки для отстоя автопоездов; с западной стороны - для малотоннажных грузовых автомобилей LCV грузоподъемностью до 4 т, а также легковых автомобилей.

в) вспомогательная. Вспомогательные здания: котельная, трансформаторные подстанции и резервуар-накопитель очищенных дождевых вод.

Производственное здание представляет собой 1-этажное здание с встроенной антресолю в осях «6-11/Г-К».

Здание предусмотрено из частей разного функционального назначения, отделенных друг от друга противопожарными преградами. Сервисный центр грузовых автомобилей относится к классу – производственные здания, мастерские. Помещения офисного назначения, расположенные в осях «6-12/А-К» относятся к классу – офисные помещения, с включением складских помещений (Ф 5.2) в осях «7-11/Ж-К».

Основной функцией здания предусмотрено сервисное обслуживание и ремонт коммерческих и грузовых автомобилей, предполагаемое в осях «1-6», «12-24». Складское помещение в осях «7-11/Ж-К» предусмотрено для хранения гарантийных и запасных частей для автомобилей. Офисные помещения предусмотрены на антресоли в осях «6-11/Г-К». Административно-бытовые помещения предусмотрены на отм. 0,000 в осях «6-11/Г-И».

В соответствии с ПУЭ все потребители электроэнергии делятся на категории. Большинство потребителей объекта проектирования относятся ко второй и третьей категории по надежности и бесперебойности электроснабжения.

К потребителям первой категории надежности электроснабжения относятся:

- система аварийного электроосвещения;
- система пожарной сигнализации и оповещения о пожаре;
- системы безопасности телекоммуникации и связи.

Остальные электропотребители относятся к потребителям второй и третьей категории надежности электроснабжения по ПУЭ.

Электроснабжение электроприемников I категории предусматривается от панели АВР и источников бесперебойного питания заводского изготовления.

Основными потребителями электрической энергии по II категории надежности являются:

- оборудование технологических нужд предприятия;
- система общеобменной вентиляции и кондиционирования;
- система электроосвещения и распределительная розеточная сеть.

Все остальные потребители электрической энергии относятся к третьей группе надежности.

2 Расчет электрических нагрузок предприятия

2.1 Расчет электрических нагрузок на технологические нужды

Первоочередной задачей при проектировании системы электроснабжения и электрохозяйства любого предприятия, организаций или учреждений является расчет ожидаемых электрических нагрузок. Именно опираясь на значения электрических нагрузок можно производить выбор мощности и количества силовых трансформаторов, а также рассчитывать параметры различного электрооборудования. Для этого, согласно требованиям заказчика, составляется список электроприемников (ЭП) предприятия, их количество, а также план их расположения на территории объекта проектирования, затем по их паспортным и справочным данным определяются номинальная мощность P_H , коэффициент использования $K_{И}$ и коэффициент мощности $\cos\varphi$ данных ЭП. Далее все ЭП объединяются в группы по месту их подключения к сети.

Расчет электрических нагрузок будем проводить согласно РТМ 36.18.32.4-92 «Указания по расчету электрических нагрузок» [1].

Расчетная активная нагрузка группы ЭП рассчитывается по формуле:

$$P_P = K_P \cdot P_H \cdot K_{И}, \quad (2.1)$$

где K_P – коэффициент расчетной мощности активной нагрузки (приводится в РТМ 36.18.32.4-92 «Указания по расчету электрических нагрузок»); $K_{И}$ – групповой коэффициент использования; $P_{H \text{ гр}}$ – суммарная номинальная активная мощность группы электроприемников.

Расчетная реактивная нагрузка группы ЭП рассчитывается по формуле:

при $n_{Э} \leq 10$:

$$Q_{P \text{ гр}} = 1,1 \cdot K_P \cdot P_H \cdot K_{И} \cdot \operatorname{tg}\varphi; \quad (2.2)$$

при $n_{Э} \geq 10$:

$$Q_{P \text{ гр}} = K_P \cdot P_H \cdot K_{И} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.3)$$

где $\operatorname{tg}\varphi$ - коэффициент реактивной мощности рассматриваемой группы ЭП.

Далее найдем полную нагрузку группы ЭП и их расчетный ток.

Полная расчетная нагрузка и расчетный ток группы ЭП рассчитываются по следующим формулам:

$$S_{P \text{ гр}} = \sqrt{P_{P \text{ гр}}^2 + Q_{P \text{ гр}}^2}; \quad (2.4)$$

$$I_{P \text{ гр}} = \frac{S_{P \text{ гр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}. \quad (2.5)$$

Эффективное число электроприемников при их большом количестве на предприятии можно определить по упрощенному выражению:

$$n_{\text{Э}} = \frac{2 \cdot P_{H \text{ гр}}}{p_{H. \text{ макс}}}, \quad (2.6)$$

где $p_{H. \text{ макс}}$ – номинальная мощность наиболее мощного ЭП группы. Найденное по указанному выражению значение $n_{\text{Э}}$ округляется до ближайшего меньшего целого числа.

Рассчитаем электрическую нагрузку группы ЭП ЩР 2 (Щит распределительный №2) на примере вытяжной катушки. Расчетные значения электрических нагрузок всех групп ЭП предприятия занесем в таблицу 2.1.

Номинальная мощность одного ЭП $p_H = 0,55$ кВт, количество приемников $n = 2$ шт.

Суммарная активная мощность всех ЭП данного типа равна:

$$P_H = p_H \cdot n; \quad (2.7)$$

$$P_H = 0,55 \cdot 2 = 1,1 \text{ кВт.}$$

По аналогии рассчитаем суммарные активные мощности других типов ЭП данной группы. Затем рассчитаем суммарную активную мощность группы электроприемников:

$$P_{H \text{ гр}} = P_H = 28,1 \text{ кВт.}$$

Произведение номинальной мощности катушки вытяжной на её коэффициент использования $K_{\text{И}}$:

$$K_{\text{И}} \cdot P_H = 1,10 \cdot 0,1 = 0,11 \text{ кВт.}$$

Просуммируем произведения номинальных мощностей ЭП группы на их коэффициент использования $K_{\text{И}}$:

$$K_{\text{И}} \cdot P_H = 2,36 \text{ кВт.}$$

Найдем расчетную активную мощность группы ЭП по формуле 2.1:

$$P_{P \text{ гр}} = 1,07 \cdot 2,36 = 2,53 \text{ кВт.}$$

Найдем расчетную реактивную мощность группы ЭП по формуле 2.3:

$$Q_{P \text{ гр}} = 1,07 \cdot 2,36 \cdot 0,62 = 1,56 \text{ квар.}$$

Найдем полную расчетную мощность группы ЭП и расчетный ток по формулам 2.4 и 2.5:

$$S_{P \text{ гр}} = \sqrt{2,53^2 + 1,56^2} = 2,97 \text{ кВА;}$$

$$I_{P \text{ гр}} = \frac{2,97}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 4,52 \text{ А.}$$

По аналогии с группой ЭП ЩР 2 рассчитаем остальные группы ЭП предприятия [2]. Полученные результаты занесем в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Расчетные данные электрических нагрузок предприятия

	Наименование ЭП	Кол-во ЭП, шт.	Номинальная мощность, кВт		Ки	cos φ	tg φ	Ки · Рн	Ки · Рн · tg φ	п · Р ² н	пэ	Кр	Рр	Qр	Sp	Ip
			Одного ЭП	Общая												
ЩС 1	Мойка высокого давления №1-3	3,00	8,00	24,00	0,33	0,85	0,62	7,92	4,91	192,00	10	1,0	15,4	9,54	18,1	27,56
	Промышленные ворота №27-30	4,00	0,75	3,00	0,10	0,85	0,62	0,30	0,19	2,25						
	Щит управления завесами	1,00	2,20	2,20	0,65	0,85	0,62	1,43	0,89	4,84						
	Система очистки воды	1,00	3,20	3,20	0,33	0,85	0,62	1,06	0,65	10,24						
	Розетки в помещении	1,00	9,35	9,35	0,35	0,85	0,62	3,27	2,03	87,42						
	Шкаф для сушки одежды	1,00	2,35	2,35	0,35	0,85	0,62	0,82	0,51	5,52						
	Розетки на улице	1,00	3,00	3,00	0,20	0,85	0,62	0,60	0,37	9,00						
	Итого по ЩС 1			47,10				15,40	9,54							
ЩР 1	Кран-балка подвесная	1,00	7,00	7,00	0,10	0,65	1,17	0,70	0,82	49,00	9	1,0	2,81	2,12	3,52	5,35
	Катушка вытяжная	1,00	0,55	0,55	0,10	0,85	0,62	0,06	0,03	0,30						
	Ворота промышленные №23-26	4,00	0,75	3,00	0,35	0,85	0,62	1,05	0,65	2,25						
	Розетки технологические на колонне 380 В	1,00	4,00	4,00	0,05	0,85	0,62	0,20	0,12	16,00						
	Розетки технологические на колонне 220 В	2,00	4,00	8,00	0,05	0,85	0,62	0,40	0,25	32,00						
	Розетки технологические в яме 220 В	2,00	4,00	8,00	0,05	0,85	0,62	0,40	0,25	32,00						
	Итого по ЩР 1			30,55				2,81	2,12							

Продолжение таблицы 2.1

ЩР 2	Катушка вытяжная	2,00	0,55	1,10	0,10	0,85	0,62	0,11	0,07	0,61	14	1,1	2,53	1,56	2,97	4,52
	Промышленные ворота №19-22	4,00	0,75	3,00	0,35	0,85	0,62	1,05	0,65	2,25						
	Розетки технологические на колонне 380 В	1,00	4,00	4,00	0,05	0,85	0,62	0,20	0,12	16,00						
	Розетки технологические на колонне 220 В	3,00	4,00	12,00	0,05	0,85	0,62	0,60	0,37	48,00						
	Розетки технологические в яме 220 В	2,00	4,00	8,00	0,05	0,85	0,62	0,40	0,25	32,00						
	Итого по ЩР 2			28,10				2,36	1,46							
ЩР 3	Катушка вытяжная	1,00	0,55	0,55	0,10	0,85	0,62	0,06	0,03	0,30	20	1,0	4,28	2,65	5,04	7,66
	Розетки технологические в яме 220 В	2,00	4,00	8,00	0,05	0,85	0,62	0,40	0,25	32,00						
	Розетки технологические на колонне 220 В	2,00	4,00	8,00	0,05	0,85	0,62	0,40	0,25	32,00						
	Розетки технологические на колонне 380 В	4,00	4,00	16,00	0,05	0,85	0,62	0,80	0,50	64,00						
	Промышленные ворота №9-18	10,00	0,75	7,50	0,35	0,85	0,62	2,63	1,63	5,63						
	Итого по ЩР 3			40,05				4,28	2,65							
ЩР 4	Точильно-шлифовальный станок	1,00	2,20	2,20	0,35	0,85	0,62	0,77	0,48	4,84	10	1,0	7,00	4,34	8,24	12,53
	Пылеотсос	1,00	0,55	0,55	0,35	0,85	0,62	0,19	0,12	0,30						
	Установка для обслуж. автокондиционеров	1,00	0,75	0,75	0,35	0,85	0,62	0,26	0,16	0,56						
	Пресс напольный гидравлический	1,00	1,50	1,50	0,35	0,85	0,62	0,53	0,33	2,25						
	Стенд для ремонта двигателей	1,00	1,00	1,00	0,35	0,85	0,62	0,35	0,22	1,00						

Продолжение таблицы 2.1

	Розетки раб. места мастера прием.	1,00	4,00	4,00	0,35	0,85	0,62	1,40	0,87	16,00						
	Розетки технологич. на колонне 220 В	1,00	4,00	4,00	0,35	0,85	0,62	1,40	0,87	16,00						
	Розетки технологич. на колонне 380 В	1,00	4,00	4,00	0,35	0,85	0,62	1,40	0,87	16,00						
	Розетка технологич. на колонне 220 В	1,00	2,00	2,00	0,35	0,85	0,62	0,70	0,43	4,00						
	Итого по ЩР 4			20,00				7,00	4,34							
ЩР 5	Точильно - шлифовальный станок	1,00	2,20	2,20	0,35	0,85	0,62	0,77	0,48	4,84	27	1,0	23,8	14,8	28,0	42,62
	Пылесос	1,00	0,55	0,55	0,35	0,85	0,62	0,19	0,12	0,30						
	Розетки на рабочих местах	1,00	4,00	4,00	0,35	0,85	0,62	1,40	0,87	16,00						
	Розетки технологич. на колонне 220 В	4,00	4,00	16,00	0,35	0,85	0,62	5,60	3,47	64,00						
	Розетки технологич. на колонне 380 В	2,00	4,00	8,00	0,35	0,85	0,62	2,80	1,74	32,00						
	Розетки технологич. у верстаков	1,00	4,00	4,00	0,35	0,85	0,62	1,40	0,87	16,00						
	Промышленные ворота №1-6	6,00	0,75	4,50	0,35	0,85	0,62	1,58	0,98	3,38						
	Катушка вытяжная №1-3	3,00	0,55	1,65	0,35	0,85	0,62	0,58	0,36	0,91						
	Подъемник двухстоечный №1-5	5,00	2,20	11,00	0,80	0,85	0,62	8,80	5,45	24,20						
	Розетка технологич. 220 В	1,00	2,00	2,00	0,35	0,85	0,62	0,70	0,43	4,00						
	Итого по ЩР 5			53,90				23,82	14,76							

Продолжение таблицы 2.1

ЩР 6	Розетки бытовые в столовой	1,00	4,00	4,00	0,10	0,85	0,62	0,40	0,25	16,00	11	1,0	8,37	5,18	9,84	14,97
	Плита электрическая 380 В	1,00	6,80	6,80	0,10	0,85	0,62	0,68	0,42	46,24						
	Розетки бытовые в столовой	1,00	1,50	1,50	0,10	0,85	0,62	0,15	0,09	2,25						
	Розетки бытовые в лунж - зоне	1,00	2,30	2,30	0,10	0,85	0,62	0,23	0,14	5,29						
	Розетки бытовые в лунж - баре	1,00	2,64	2,64	0,65	0,85	0,62	1,72	1,06	6,97						
	Розетки бытовые в гардеробах	1,00	2,40	2,40	0,10	0,85	0,62	0,24	0,15	5,76						
	Розетки бытовые в вестибюле	1,00	4,00	4,00	0,10	0,85	0,62	0,40	0,25	16,00						
	Розетки компьютерные в вестибюле	1,00	3,50	3,50	0,85	0,85	0,62	2,98	1,84	12,25						
	Розетки бытовые в коридоре	1,00	2,00	2,00	0,10	0,85	0,62	0,20	0,12	4,00						
	Розетки компьютерные в зоне выдачи	1,00	1,00	1,00	0,10	0,85	0,62	0,10	0,06	1,00						
	Промышленные ворота №7-8	2,00	0,75	1,50	0,35	0,85	0,62	0,53	0,33	1,13						
	Розетки бытовые в вестибюле	1,00	1,00	1,00	0,35	0,85	0,62	0,35	0,22	1,00						
	Зона хранения инструментов	1,00	4,00	4,00	0,10	0,85	0,62	0,40	0,25	16,00						
	Масло - раздаточная	1,00	0,00	0,00	0,10	0,85	0,62	0,00	0,00	0,00						
	Итого по ЩР 6			36,64				8,37	5,18							

Продолжение таблицы 2.1

ЩС 2	Розетки комп. в кабинетах	1,00	2,00	2,00	0,85	0,85	0,62	1,70	1,05	4,00	10	0,9	15,7	9,72	18,5	28,07
	Розетки комп. в офисе	3,00	4,00	12,00	0,85	0,85	0,62	10,20	6,32	48,00						
	Розетки для принтеров в офисе	1,00	2,00	2,00	0,85	0,85	0,62	1,70	1,05	4,00						
	Розетки комп. в конференц-зале	1,00	1,50	1,50	0,85	0,85	0,62	1,28	0,79	2,25						
	Розетки комп. в переговорных	1,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,62	0,85	0,53	1,00						
	Розетки комп. в комн. переговоров	1,00	2,00	2,00	0,85	0,85	0,62	1,70	1,05	4,00						
	Итого по ЩС 2			20,50				17,43	10,80							
АВР-ППН	ЩАО 1	1,00	2,57	2,57	1,00	0,93	0,40	2,57	1,02	6,60	4	1,0	7,92	3,20	8,54	12,99
	ЩАО 2	1,00	4,35	4,35	1,00	0,92	0,43	4,35	1,85	18,92						
	ШПС 1	1,00	0,50	0,50	1,00	0,95	0,33	0,50	0,16	0,25						
	РИП (UPS 3)	1,00	0,50	0,50	1,00	0,95	0,33	0,50	0,16	0,25						
	Итого по АВР-ППН			7,92				7,92	3,20							
ЦР-КПП	РИП (UPS 2)	1,00	0,55	0,55	1,00	0,93	0,40	0,55	0,22	0,30	6	1,0	21,6	7,66	22,9	34,86
	ЦНО 2	1,00	10,50	10,50	0,50	0,93	0,40	5,25	2,07	110,25						
	Уличные розетки	1,00	4,00	4,00	0,20	0,85	0,62	0,80	0,50	16,00						
	Теплые полы	1,00	4,40	4,40	1,00	1,00	0,00	4,40	0,00	19,36						
	Розетки компьютерные	1,00	2,00	2,00	1,00	0,90	0,48	2,00	0,97	4,00						
	Розетки бытовые	1,00	3,00	3,00	0,80	0,90	0,48	2,40	1,16	9,00						
	ШКС-КПП	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,33	1,00	0,33	1,00						
	КПП-ИБП-ОВД	1,00	3,00	3,00	1,00	0,95	0,33	3,00	0,99	9,00						
	ШУ- ворот	2,00	0,75	1,50	0,20	0,80	0,75	0,30	0,23	1,13						
ШУ- шлагбаума	2,00	0,50	1,00	0,20	0,80	0,75	0,20	0,15	0,50							

Продолжение таблицы 2.1

	Кондиционер	1,00	2,00	2,00	0,85	0,85	0,62	1,70	1,05	4,00						
	Итого по ЩР-КПП			32,95				21,60	7,66							
ЩОВ	Щит обогрева воронок	1,00	0,48	0,48	1,00	0,85	0,62	0,48	0,30	0,23	2,0	1,0	0,48	0,30	0,56	2,72
P1	Конвектор отопления Noirot Spot	1,00	0,75	0,75	1,00	0,85	0,62	0,75	0,46	0,56	2,0	1,0	0,75	0,46	0,88	4,01
ЩК	Щит компрессорный (вент.камера)	1,00	27,12	27,12	0,51	0,85	0,62	13,83	8,57	735,49	2,0	1,0	13,8	8,57	16,3	24,75
ЩВ 1	Щит вентиляции 1 (венткамера)	1,00	16,67	16,67	0,65	0,85	0,62	10,84	6,72	277,89	2,0	1,0	10,8	6,72	12,8	19,39
ЩВ 2	Щит вентиляции 2	1,00	64,63	64,63	0,65	0,85	0,62	42,01	26,0 4	4177,0 4	2,0	1,0	42,0	26,0	49,4	75,18
	Итого по цеху без внут- реннего освещения			427,36									177, 3	102, 83	205, 54	317,1 8
	Освещение			32,89									19,7	7,89	21,3	32,33
	Итого по цеху с внут- ренним освещением			460,25									197, 03	110, 72	226, 79	349,5

2.2 Расчет осветительных нагрузок

Проектом предусмотрено рабочее и аварийное освещение помещений АБК, ремонтных зон сервисного центра грузовых автомобилей, электрощитовой, венткамеры и станции ИТП. В основных помещениях предусматривается аварийное освещение безопасности. Для обеспечения эвакуационного освещения светильники аварийного освещения предусмотрено разместить над путями эвакуации из здания, а над эвакуационными выходами - световые указатели «Выход».

Напряжение рабочего и аварийного освещения – 220В.

Для распределения электроэнергии предусмотрены сборные распределительные щиты с автоматическими выключателями. Групповые линии рабочего и аварийного освещения предусмотрено присоединить к групповым щитам освещения (ЩО и ЩАО соответственно).

Управление внутренним освещением сети сервисного центра предусмотрено производить вручную автоматическими выключателями в щитах освещения и от клавишных выключателей, расположенных в помещении.

Аварийное и эвакуационное освещение предусмотрено люминесцентными и светодиодными светильниками, запитанными от щита аварийного освещения ЩАО, питаемого от АВР по 1 категории надежности.

Также проектом предусмотрена система наружного освещения. В соответствии с техническим заданием Заказчика наружное освещение представлено светильниками, размещенными на ограждении. Управление наружным освещением производится от щита наружного освещения (ЩНО) посредством программируемого таймера.

Электрическое освещение объекта проектирования предусмотрено исходя из назначения, категории и среды освещаемых помещений. Освещенность предусмотрена в соответствии со СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение» [3] и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

В производственных помещениях для рабочего освещения предусмотрены светильники с люминесцентными лампами, для аварийного освещения без-

опасности – светильники с компактными и линейными люминесцентными лампами, для аварийного эвакуационного освещения – светильники с компактными люминесцентными лампами.

Расчет освещения проведем на примере конференц-зала. Данное помещение относится к группе освещения ЩО 2. Согласно санитарным правилам и нормам (СанПиН) [3] нормой освещенности конференц-зала является 200 Лк. Расчет освещения проведем по методу коэффициента использования светового потока.

К установке принимаем светильники марки ЛВПО-01-4x14. Данный тип светильников наиболее часто устанавливается в административно-офисных помещениях и хорошо зарекомендовал себя на рынке.

Далее, зная параметры помещения и используя табличные значения коэффициентов, рассчитаем количество устанавливаемых светильников в помещении.

Определим расчетную высоту подвеса светильника:

$$h_p = H - (h_c + h_{\text{п}}), \quad (2.9)$$

где: h_p – расчетная высота подвеса светильника, м; H – высота от пола до перекрытия, м; h_c – свес светильника, м; $h_{\text{п}}$ – высота рабочей поверхности, м.

$$h_p = 3,7 - 0,1 + 0,8 = 2,8 \text{ м.}$$

Рассчитаем индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A+B)}, \quad (2.10)$$

где: A – длина помещения, м; B – ширина помещения, м;

$$i = \frac{13,3 \cdot 6}{2,8 \cdot (13,3+6)} = 1,48.$$

Определяем максимально-допустимое расстояние между светильниками L_A по формуле:

$$L_A = h_p \cdot \lambda_c; \quad (2.11)$$

λ_c – примем к установке светильники с косинусной типовой кривой, соответственно значение принимается равным 1,2.

$$L_A = 2,8 \cdot 1,2 = 3,36 \text{ м.}$$

Определим число светильников в ряду:

$$n_A = \frac{A}{L_A}; \quad (2.12)$$

$$n_A = \frac{13,3}{3,36} \approx 4 \text{ шт.}$$

Вычислим расстояние торцевых стен от крайнего светильника в ряду:

$$l_a = \frac{A - L_A n_A - 1}{2}; \quad (2.13)$$

$$l_a = \frac{13,3 - 3,36 \cdot 4 - 1}{2} = 1,6 \text{ м.}$$

Выберем расстояние между рядами L_B , при условии, что:

$$L_A / L_B \leq 1,5.$$

Примем $L_B = 3 \text{ м}$:

$$\frac{3,36}{3} = 1,12 \leq 1,5.$$

Аналогично формуле 2.12 определим количество рядов светильников:

$$n_B = \frac{6}{3} = 2.$$

Вычислим расстояние боковых стен до крайних светильников аналогично формуле 2.13:

$$l_b = \frac{6 - 3 \cdot 2 - 1}{2} = 1,5 \text{ м.}$$

Рассчитаем количество светильников в помещении:

$$N = n_A \cdot n_B \quad (2.14)$$

$$N = 2 \cdot 4 = 8 \text{ шт.}$$

Для дальнейших расчетов необходимо знать коэффициенты отражения от потолка $\rho_{\text{П}}$, стен $\rho_{\text{С}}$ и рабочей поверхности $\rho_{\text{Р}}$, а также коэффициент запаса K_3 и коэффициент неравномерности освещения z , коэффициент использования светового потока η . Конференц-зал является административным помещением с минимальной степенью загрязненности, а тип лампы в светильнике – люминесцентный, поэтому по табличным данным коэффициенты примем следующие:

$$\rho_{\text{П}} = 80\%, \rho_{\text{С}} = 50\%, \rho_{\text{Р}} = 30\%, K_3 = 1,1, z = 1,1, \eta = 0,6\%.$$

Определим расчетный световой поток светильника:

$$\Phi = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}; \quad (2.15)$$

$$\Phi_p = \frac{200 \cdot 1,1 \cdot 80 \cdot 1,1}{8 \cdot 0,6} = 4033 \text{ Лм.}$$

Номинальный световой поток $\Phi_{\text{ном}}$ одного выбранного светильника ЛВПО-01-4x14 по каталогу составляет 4800 Лм. $\Phi_{\text{ном}}$ отличается от $\Phi_p \approx$ на 16%, что не превышает нормы и находится в допустимых пределах по отклонению (-10...+20%), таким образом, исходя из расчетов, можно сделать вывод, что данный тип светильников подходит для установки в помещении.

Рассчитаем активную мощность одного светильника в рассматриваемом помещении:

$$P_{\text{осв } i} = N_{\text{л}} \cdot P_{\text{св}}, \quad (2.16)$$

где: $N_{\text{л}}$ – количество ламп в светильнике, шт.; $P_{\text{св}}$ – мощность одной лампы в светильнике, Вт;

$$P_{\text{осв } i} = 4 \cdot 14 = 56 \text{ Вт.}$$

Рассчитаем реактивную мощность одного светильника в рассматриваемом помещении:

$$Q_{\text{осв } i} = P_{\text{св}} \cdot \text{tg}\varphi; \quad (2.17)$$

Зная $\cos\varphi = 0,93$, найдем $\text{tg}\varphi$; $\text{tg}\varphi = 0,4$;

$$Q_{\text{осв } i} = 14 \cdot 0,4 = 5,6 \text{ квар.}$$

Аналогичным образом выполняется расчет освещения в остальных помещениях различных групп. Расчетные данные осветительных нагрузок, разделенных по соответствующим группам, и параметры выбранных светильников приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчетные данные осветительных нагрузок и параметры светильников

	Наименование технологического механизма, № на плане	Кол-во ЭП, шт.	Номинальная мощность, кВт		Тип светильника на плане	Ки	U, В	cos φ	Pp	Qp	Sp	In	Ip
			Одного ЭП	Общая									
ЩО 1	Венткамера (2.18) и электрощитовая (2.17)	2	0,072	0,14	ЛДП 2x36	0,6	220	0,93	7,44	2,98	8,01	0,71	12,19
	ИТП (1.18) и компрессорная (1.16)	3	0,072	0,22	ЛДП 2x36		220					1,06	
	Технические помещения (1.15)	7	0,072	0,50	ЛДП 2x36		220					2,49	
	Участок уборочно-моечных работ (1.12)	8	0,116	0,93	ЛСПО 03-2x58-003		220					4,6	
	Участок рем. зоны TRUCK (1.10)	41	0,25	10,25	PCY-02-250		220					50,08	
	Смотровые ямы	51	0,007	0,36	Пересвет P-07/36		36					1,74	
	Итого по ЩО1											20,23	
ЩО 2	Рем. Зона LCV (1.01)	17	0,25	4,25	PCY-02-250	0,6	220	0,93	12,29	4,92	13,24	12,2	20,14
	Служебный проход (1.04) и коридор (1.23)	5	0,072	0,36	ЛДП 2x36		220					8,55	
	КУИ (1.21), санузел и душевая жен. (1.22)	4	0,06	0,24	НББ 1x60		220					1,75	
	Гардероб женский (1.20)	5	0,056	0,28	ЛВПО 4x14		220					1,2	
	Санузел муж.(1.24), душевая муж. (1.25)	8	0,06	0,48	НББ 1x60		220					1,38	
	Гардероб мужской (1.26)	7	0,056	0,392	ЛВПО 4x14		220					2,34	
	Комната приема пищи (1.27)	11	0,056	0,616	ЛДПО 4x14		220					1,93	
	Санузел клиентский (1.28)	2	0,06	0,12	НББ 1x60		220					3,04	
	Комната отдыха (1.29), барная зона (1.30)	11	0,056	0,616	ЛВПО 4x14		220					0,58	

Продолжение таблицы 2.2

	Маслораздаточная (1.08) и склад масла (1.07)	4	0,072	0,288	ЛПП-08УЕхп-2х36-015		220					3	
	Складские помещения и проходы (1.05)	24	0,072	1,728	ЛДП 2х36		220					1,4	
	Кабинеты (2.02, 2.03, 2.04, 2.05)	18	0,096	1,728	ЛВПО 4х24		220					8,44	
	Конференц-зал (2.14)	8	0,056	0,448	ЛВПО 4х14		220					8,42	
	Комнаты переговоров (2.15, 2.16)	8	0,056	0,448	ЛВПО 4х14		220					2,18	
	Санузел муж.(2.06), жен.(2.07)	4	0,06	0,24	НББ 1х60		220					1,17	
	Венткамера (2.08) и электрощитовая (2.09)	2	0,072	0,144	ЛДП 2х36		220					0,7	
	Серверная (2.10)	3	0,072	0,216	ЛДП 2х36		220					1,05	
	Подсобное помещение (2.11)	2	0,056	0,112	ЛВПО 4х14		220					0,82	
	Офисное помещение (2.12), лестница (2.13)	52	0,056	2,912	ЛВПО 4х14		220					13,01	
	Вестибюль (1.33)	14	0,348	4,872	ЛСПО-01-6х58		220					23,8	
	Итого по ЦО2			20,49								32,32	
ЩАО 1	Технические помещения (1.15, 1.17, 2.17, 2.18)	5	0,072	0,36	ЛДП 2х36	1	220	0,93	2,57	1,03	2,77	1,77	4,22
	Участок уборочно-моечных работ (1.12)	4	0,116	0,46	ЛСПО 03-2х58-003		220					2,3	
	Участок рем. зоны TRUCK (1.10)	7	0,25	1,75	PCY-02-250		220					8,55	
	Итого по ЩАО1			2,57								4,21	
ЩАО 2	Рем. Зона LCV (1.01)	4	0,25	1	PCY-02-250	1	220	0,93	4,36	1,74	4,70	4,88	7,14
	Коридоры и лестницы (1.04, 1.19, 1.23, 1.32, 2.01)	7	0,072	0,504	ЛДП 2х36		220					2,46	

Продолжение таблицы 2.2

	Складские помещения и проходы (1.05)	8	0,072	0,576	ЛДП 2x36		220					2,81	
	Зона отдыха клиентов (1.29)	2	0,056	0,112	ЛВПО 4x14		220					0,55	
	Венткамера, электрощитовая (2.09), серверная	3	0,072	0,216	ЛДП 2x36		220					1,067	
	Офисное помещение (2.12)	10	0,056	0,56	ЛВПО 4x14		220					2,76	
	Вестибюль (1.33)	4	0,348	1,392	ЛСПО-01-6x58		220					6,87	
	Итого по ЦАО2			4,36								7,13	
ЩНО 1	Участок вдоль забора с восточной стороны	13	0,1	1,3	Светильник шар	0,5	380	0,93	1,98	0,79	2,13	2,32	3,24
	Участок на фасаде здания, южная лицевая сторона	19	0,14	2,66	Светильник настенный		380					4,76	
	Итого по ЩНО1			3,96								7,08	
ЩНО 2	Участок вдоль забора с западной стороны	17	0,1	1,7	Светильник шар	0,5	380	0,93	5,25	2,1	5,65	3,04	8,60
	Участок возле КПП	6	1	6	Прожекторы на мачте		380					10,73	
	Освещение западной стены сервисного центра	4	0,7	2,8	Прожекторы на подставке		380					5	
	Итого по ЩНО2			10,5								18,77	
	Итого по ЩО1 и ЩО2			32,89					19,7 3	7,89	21,2 5	52,55	32,33

3 Выбор и расчет мощности силовых трансформаторов

После расчета ожидаемых электрических нагрузок предприятия следующим этапом проектирования электрохозяйства предприятия является расчет мощности и количества силовых трансформаторов. Выбор номинальной мощности трансформатора производится исходя из полной мощности электрических нагрузок.

Согласно техническим условиям на подключение к сетям электроснабжения проектируемой производственной площадки, источником питания приняты две точки присоединения:

- 1) ближайшая опора ВЛ-6 ф.18 ПС 110/35/6 кВ «Комсомольская» от ЗАО «ЭиСС»;
- 2) опора №54 линии электропередач фидер №30 подстанции 110/6 кВ «ОСК» от ООО «АВК».

От данных точек присоединения проложены питающие сети 6 кВ к двум комплектным одотрансформаторным подстанциям 6/0,4 кВ с силовыми трансформаторами типа ТМГ – 400 кВА, тип соединения обмоток «треугольник/звезда с нулем». Данные КТП расположены на территории объекта проектирования и в настоящее время обслуживают находящиеся рядом дочерние предприятия по обслуживанию грузовой техники.

Данные КТП являются тупикового типа, заводского исполнения. Корпуса КТП выполнены из стальных листов и металлопроката. УВН предусмотрены односекционными. На вводах установлены разъединители типа РВЗ-10/630. Защита трансформаторов осуществляется предохранителями типа: ПКТ на номинальный ток 80 А. РУНН являются односекционными. Защита на вводе и отходящих линиях выполнена автоматическими выключателями.

Для учета электроэнергии на стороне 0,4 кВ в РУНН после вводных автоматических выключателей устанавливаются трансформаторы тока и счетчики. Счетчики Меркурий 230 ART-03 с выходом на модем обеспечивают учет активной и реактивной энергии.

Для подключения к сетям электроснабжения 0,4 кВ предусмотрено ВРУ с ГРЩ, расположенным в помещении электрощитовой в осях «24-25/Д-Е» на антресоли на отм.+3,600 здания сервисного центра.

Коммерческий учет электроэнергии предусматривается на опоре; на стороне 0,4кВ КТП и на промежуточной опоре с установкой ПКУ от АВК.

Полная расчетная мощность проектируемого предприятия составляет:

$$S_{P1} = 226,79 \text{ кВА.}$$

Суммарная расчетная мощность рассматриваемого предприятия с учетом полной мощности остальных потребителей данных КТП рассчитывается:

$$S_{P\Sigma} = S_{P1} + S_{P \text{ доп}} = 226,79 + 525 = 751,79 \text{ кВА,} \quad (3.1)$$

где S_{P_i} - дополнительная полная мощность остальных потребителей КТП.

Так как в системе электроснабжения используется два силовых трансформатора, то номинальная мощность каждого из них определяется условно:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{P\Sigma}/2 \cdot 0,7. \quad (3.2)$$

Подставив значения заданных мощностей в формулу (3.2), можно увидеть, что номинальная мощность силового трансформатора удовлетворяет условию:

$$400 \geq \frac{751,79}{2} \cdot 0,7 = 263,13 \text{ кВА,}$$

значит, данные трансформаторы целесообразно использовать в системе электроснабжения проектируемого объекта [4].

Далее выполним расчет среднего процента потерь для КТП 947 п/ст.(Комсомольская) Ф-18 на 2017 год для предприятия. Расчет произведен на основании Методики разработанной на основе Приказа Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 года №326 «Об организации в министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при её передаче по электрическим сетям». Расчет выполнен на основании лимитной справки по потреблению электрической энергии на 2017 год для КТП 947 п/ст.(Комсомольская) Ф-18.

Исходные данные для расчета потерь в силовом трансформаторе 6/0,4 кВ КТП 947 п/ст.(Комсомольская) Ф-18 представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета потерь в силовом трансформаторе ТМГ 400 - 6/04 кВ

Номинальная мощность, $S_{\text{ном}}$, кВА	Расчетный коэффициент, К	Потери мощности холостого хода ΔP_{xx} , кВт	Потери мощности короткого замыкания $\Delta P_{\text{кз}}$, кВт
400	120	1,05	5,50

3.1 Расчет потерь в силовом трансформаторе

Потери электроэнергии в силовом трансформаторе определяются по формуле (3.3):

$$\Delta W_{\text{ст}} = \Delta W_{\text{xx}} + \Delta W_{\text{н}}, \quad (3.3)$$

где ΔW_{xx} – потери холостого хода в силовом трансформаторе;

$\Delta W_{\text{н}}$ – нагрузочные потери в силовом трансформаторе;

Потери холостого хода в силовом трансформаторе определяются на основе приведенных в справочных данных на оборудование потерь мощности холостого хода ΔP_{xx} :

$$\Delta W_{\text{xx}} = \Delta P_{\text{xx}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (3.4)$$

где ΔP_{xx} – потери мощности холостого хода трансформатора, кВт;

$T_{\text{р}}$ – число рабочих часов трансформатора за расчетный период, ч.

Например, согласно формуле (3.4), для февраля 2017 года потери холостого хода в силовом трансформаторе 6/0,4 кВ составляют:

$$\Delta W_{\text{xx}} = \Delta P_{\text{xx}} \cdot T_{\text{р}} = 1,05 \cdot 696 = 730,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где $T_{\text{р}} = 696$ ч – количество часов работы оборудования в феврале 2017 года.

Нагрузочные потери электроэнергии в двухобмоточном трансформаторе за расчетный период определяются по формуле (3.5), на основе приведенных в справочных данных на оборудование потерь мощности короткого замыкания $\Delta P_{\text{кз}}$:

$$\Delta W_{\text{H}} = 1,63 \cdot \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{T_{\text{p}}} \cdot \left(\frac{W_{\text{T}}}{S_{\text{НОМ}}}\right)^2, \quad (3.5)$$

где $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность КТП, кВА;

W_{T} – отпуск электроэнергии за период времени T , кВт · ч.

Например, согласно формуле (3.4), для февраля 2017 года нагрузочные потери в силовом трансформаторе 6/0,4 кВ составляют:

$$\Delta W_{\text{H}} = 1,63 \cdot \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{T_{\text{p}}} \cdot \left(\frac{W_{\text{T}}}{S_{\text{НОМ}}}\right)^2 = 1,63 \cdot \frac{5,50}{696} \cdot \left(\frac{60000}{400}\right)^2 = 289,82 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где $W_{\text{T}} = 60000$ кВт · ч – расход электроэнергии согласно лимитной справки за февраль 2017 года;

$T_{\text{p}} = 696$ ч – количество часов работы оборудования в феврале 2017 года.

Таким образом, подставляя данные полученные по формулам (3.4) и (3.5) в формулу (3.3) произвели расчет потерь электроэнергии в силовом трансформаторе для каждого месяца 2017 года.

Например, для февраля 2017 года потери электроэнергии в силовом трансформаторе 6/0,4 кВ составляют:

$$\Delta W_{\text{ст}} = \Delta W_{\text{xx}} + \Delta W_{\text{H}} = 730,8 + 289,82 = 1020,62 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

В процентном соотношении:

$$\frac{\Delta W_{\text{ст}}}{W_{\text{T}}} \cdot 100\% = \frac{1020,62}{60000} = 1,70\%. \quad (3.6)$$

Аналогично рассчитаем потери для каждого месяца работы силового трансформатора 6/0,4 кВ для КТП 947 п/ст.(Комсомольская) Ф-18. Данные расчетов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчетов потерь в силовом трансформаторе 6/0,4 кВ КТП 947 п/ст.(Комсомольская) Ф-18 на 2017 год

Месяц	Кол-во часов работы оборудования в месяце T_p , ч	Расход электроэнергии по счетчику в месяц W_T , кВт · ч	Потери холостого хода ΔW_{xx} , кВт · ч	Нагрузочные потери ΔW_n , кВт · ч	Потери электрической энергии в силовом трансформаторе, $\Delta W_{ст}$, кВт · ч	Потери электрической энергии в силовом трансформаторе в %	Потери электрической энергии в системе учета в соответствии с классом точности прибора в %	Средний процент потерь для КТП в %
Февраль	672	60000	730,8	289,82	1020,62	1,7	1,5	3,2
Март	744	61000	781,2	280,23	1061,43	1,7	1,5	3,2
Апрель	720	61000	756	289,57	1045,57	1,7	1,5	3,2
Май	744	63000	781,2	298,91	1080,11	1,7	1,5	3,2
Июнь	720	64000	756	318,76	1074,76	1,7	1,5	3,2
Июль	744	64000	781,2	308,47	1089,67	1,7	1,5	3,2
Август	744	64000	781,2	308,47	1089,67	1,7	1,5	3,2
Сентябрь	720	64000	756	318,76	1074,76	1,7	1,5	3,2
Октябрь	744	64000	781,2	308,47	1089,67	1,7	1,5	3,2
Ноябрь	720	64000	756	318,76	1074,76	1,7	1,5	3,2
Декабрь	744	64000	781,2	308,47	1089,67	1,7	1,5	3,2
ИТОГО:								3,2

Таким образом, средний процент потерь в силовом трансформаторе 6/0,4 кВ с учетом потерь, обусловленных погрешностью системы учета (трансформаторах тока, счетчиках) в соответствии с классом точности приборов, для КТП 947 п/ст.(Комсомольская) Ф-18 составляет – 3,2% без перерасчета с 1 января 2017 года.

3.2 Расчет и выбор компенсирующих устройств

С целью уменьшения реактивной мощности в электрических сетях, а, следовательно, для повышения экономической составляющей, на некоторых предприятиях устанавливают компенсирующие устройства (КУ), которые представляют собой конденсаторные установки. Иногда установка компенсирующих устройств является обязательным требованием в технических условиях энергоснабжающей организации. Такое требование чаще всего предъявляется к предприятиям, на которых установлено большое количество электроприёмников, потребляющих реактивную мощность. Однако на предприятии, где основную часть составляют потребители активной мощности, установка КУ не всегда целесообразна.

Выполним расчет необходимых параметров для выбора КУ и оценки рентабельности их установки на КТП [6].

Зная величину полной мощности дополнительных потребителей КТП, а также групповой $\cos\varphi$, рассчитаем их активную и реактивную мощности по формулам:

$$P_{p \text{ доп}} = S_{p \text{ доп}} \cdot \cos\varphi = 525 \cdot 0,8 = 420 \text{ кВт}; \quad (3.7)$$

$$Q_{p \text{ доп}} = S_{p \text{ доп}} \cdot \sin(\arccos\varphi) = 525 \cdot 0,6 = 315 \text{ квар}; \quad (3.8)$$

Теперь, зная мощности проектируемого предприятия и дополнительных потребителей КТП, рассчитаем полную активную и реактивную мощности для КТП:

$$P_{p \text{ КТП}} = P_{p1} + P_{p \text{ доп}} = 197 + 420 = 617 \text{ кВт}; \quad (3.9)$$

$$Q_{p \text{ КТП}} = Q_{p1} + Q_{p \text{ доп}} = 110,7 + 315 = 425,7 \text{ квар}; \quad (3.10)$$

Рассчитаем групповой $tg\varphi_{гр}$:

$$tg\varphi_{гр} = \frac{Q_{р\text{ КТП}}}{P_{р\text{ КТП}}} = \frac{425,7}{617} = 0,69; \quad (3.11)$$

Далее найдем групповой $cos\varphi_{гр}$:

$$cos\varphi_{гр} = \cos \arctg 0,69 = 0,82. \quad (3.12)$$

Определим расчетную мощность КУ:

$$Q_{к.р} = \alpha \cdot P_{р\text{ КТП}} \cdot tg\alpha - tg\varphi_{гр} = 0,9 \cdot 617 \cdot 0,69 - 0,4 = 161 \text{ квар}, \quad (3.13)$$

где α – коэффициент, учитывающий повышение $cos\varphi$ естественным способом, принимается $\alpha = 0,9$; принимается $cos\varphi\alpha = 0,93$, тогда $tg\varphi_{к} = 0,4$.

Выбираем 2хАУКРМ-0,4-75-5 У3 со ступенчатым регулированием по 25 квар, по одной на каждую секцию.

Определим фактические значения $cos\varphi_{ф}$ и $tg\varphi_{ф}$ после компенсации реактивной мощности:

$$tg\varphi_{ф} = tg\varphi - \frac{Q_{к.ст}}{\alpha \cdot P_{м}} = 0,69 - \frac{2 \cdot 75}{0,9 \cdot 617} = 0,42; \quad (3.14)$$
$$cos\varphi_{ф} = 0,92.$$

Как видно из расчетов, после компенсации реактивной мощности коэффициент $cos\varphi_{ф}$ активной мощности увеличился, а значит, установка конденсаторных установок целесообразна.

Батареи конденсаторов на стороне 0,4кВ установим в помещении электрощитовой. Данные установки необходимы для компенсации реактивной мощности по критериям рационального построения электрических сетей – для разгрузки трансформаторов и кабельных сетей от передачи реактивной (индуктивной) мощности, для снижения расхода электроэнергии на потери в электрических сетях.

4 Выбор системы электроснабжения

Данным проектом предусматривается прокладка питающих сетей 0,4кВ от двух комплектных однострансформаторных подстанций 6/0,4кВ, мощностью 400 кВА.

Проект будем выполнять на основании действующих нормативно-технических документов по проектированию, строительству и эксплуатации электрических сетей [7].

Для присоединения к сети 6кВ ЗАО «ЭиСС» используется ближайшая опора ВЛ-6кВ ф.18 ПС110/35/6кВ «Комсомольская». От этой точки до КТП 6/0,4 проложена КЛ 6кВ в траншее, кабелем АВБбШв-6 3х70. Кабель проложен на глубине 1000 мм от отметки земли в соответствии с ПУЭ [5].

Для присоединения к сети 6кВ ООО «АВК» предусмотрена точка подключения на опоре №54. На опоре установлено устройство ответвления (УОП) от магистральной ВЛ. Для организации защиты питающей линии и учета электроэнергии проектом установлена дополнительная опора рядом с точкой подключения с установкой на ней разъединителя типа РЛНД-1-10/400 и пункта коммерческого учета электроэнергии (ПКУ). Соединение разъединителя и ПКУ предусмотрено кабелем АВБбШв-6 3х70.

Для подключения кабеля к оборудованию на концах кабеля установлены концевые муфты типа ЗПКНтпБ6. От ПКУ до 1КТП 6/0,4 проложена КЛ 6кВ в траншее, кабелем АВБбШв-6 3х70. Кабель проложен на глубине 1000 мм от отметки земли в соответствии с ПУЭ.

Распределение электрической энергии по проектируемым и существующим зданиям и сооружениям предусмотрено по радиальной схеме электроснабжения.

Внешние питающие сети 0,4 кВ от трансформаторных подстанций до здания сервисного центра, КНС-1 и КНС-2 прокладываются в земле и внутри здания до ВРУ в металлических лотках кабелем типа АВБбШв в соответствии с ПУЭ и техническими условиями энергоснабжающих организаций.

При разработке схемы электроснабжения учтены технологические требования обеспечения электроэнергией потребителей в зависимости от категорий по бесперебойности электроснабжения. Данный вариант построения сети электроснабжения с использованием современных средств автоматического управления предусмотрен обеспечить высокую надежность и бесперебойность питания [8].

Ввод 0,4кВ в здание предусмотрен на вводно-распределительное устройство (ВРУ) посредством двух взаиморезервирующих кабельных линий, приходящих от двух независимых друг от друга КТП, присоединенных к линиям разных энергоснабжающих организаций.

ВРУ имеет две секции шин, питающихся с разных КТП, с обустройством между ними секционного выключателя. Секции ВРУ предусмотрены по индивидуальному заказу Заказчика.

Согласно ПУЭ [5] силовые и контрольные кабели разрешается проложить внутри помещений – открыто в лотках на кабельных конструкциях, одиночные кабели предусмотрено проложить по стенам и перекрытиям, скрыто в полу или стенах в гофрированной трубе.

Для обслуживания оборудования и кабельных сетей дополнительные штаты не предусматриваются.

Подключение распределительных щитов и потребителей внутриплощадочных сетей 0,4кВ предусмотрено непосредственно к ВРУ здания в помещении электрощитовой. Для питания распределительных щитов офисной части и встроенных технологических помещений предусмотрен шкаф силовой (ШС), установленный в помещении электрощитовой на антресоли здания в осях «б-7/Д-Е».

Для технологических линий предусмотрены собственные (комплектные) шкафы питания и управления. Управление единицей технологического оборудования предусмотрено локально и никак не связано с прочим оборудованием. Система комплексной автоматизации и диспетчеризации не предусмотрена.

Для обоснования выбора кабеля АВБбШв-6 3х70 рассчитаем ток, протекающий от системы до трансформатора ТМГ-400 по следующему выражению:

$$I = \frac{S_{\Gamma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}; \quad (0.1)$$

$$I = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6} = 38,5 \text{ А.}$$

Примем кабели с алюминиевыми жилами. Соответственно, зная, что $T_{\text{max}} = 8100$ ч, по ПУЭ [5] получаем экономическую плотность тока $J=1,2$ А/мм². Для определения сечения, воспользуемся следующим выражением:

$$s = \frac{I}{J}; \quad (0.2)$$

$$s = \frac{38,5}{1,2} = 32 \text{ мм}^2.$$

По полученному расчету округляем данное сечение до 70мм², поскольку данное сечение является минимальным по техническим условиям энергоснабжающих организаций, а также проектом предусмотрено подключение других объектов к данной линии с увеличением на ней электрической нагрузки.

5 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания (КЗ) является одним из важнейших пунктов при выборе электрооборудования и коммутационных аппаратов в цепях электроснабжения, а также для моделирования защиты цепи. Сравнивая паспортные данные электрооборудования и аппаратов с полученными токами КЗ можно принимать обоснованное решение о том, подходят ли данные устройства и аппараты к установке или нет.

5.1 Расчет токов КЗ на стороне выше 1 кВ

Проведем расчет токов КЗ на стороне напряжения 6 кВ в точке К1 (рисунок 5.1). Расчет будем производить согласно указаниям ГОСТ Р 52719-2007 [9] по данному ГОСТ расчеты токов КЗ выше 1 кВ проводятся в о.е. по формулам приближенного приведения, активные сопротивления элементов не учитываются.

Зададим $U_6 = 6,3$ кВ, $S_6 = 1000$ МВА. Сопротивления КЛ по каталогу: $r = 0,443$ мОм/км; $x = 0,08$ мОм/км; длина КЛ составляет 175м.

Рассчитаем сопротивление кабельной линии в о.е.:

$$x_{бкл} = x_{КЛ1} \cdot \frac{l}{1000} \cdot \frac{S_6}{U_{ВН}^2}; \quad (5.1)$$
$$x_{бкл} = 0,08 \cdot \frac{175}{1000} \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 0,35 \text{ о.е.}$$

Определим сопротивление системы в о.е. по выражению:

$$x_{бс} = \frac{S_6}{S_c}; \quad (5.2)$$
$$x_{бс} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ о.е.}$$

Определим результирующее сопротивление до точки К1:

$$x_{брез} = x_{бс} + x_{бкл}; \quad (5.3)$$
$$x_{брез} = 5 + 0,35 = 5,35 \text{ о.е.}$$

Рассчитаем базисный ток по выражению:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_6}; \quad (5.4)$$
$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,75 \text{ кА.}$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ:

$$I_{n0} = \frac{E_6}{x_{брез}} \cdot I_6; \quad (5.5)$$

$$I_{n0} = \frac{1}{5,35} \cdot 91,75 = 17,14 \text{ кА.}$$

По таблице ГОСТ 27514-87 получаем $K_{уд} = 1,6$;

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{n0} \cdot K_{уд}; \quad (5.6)$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 17,14 \cdot 1,6 = 38,43 \text{ кА.}$$

5.2 Расчет токов КЗ на стороне ниже 1 кВ

Выполним расчет на стороне напряжения 0,4 кВ. Рассчитаем токи КЗ в трех точках: на шине РУ 0,4 кВ, на шине ВРУ 0,4 кВ, а также в точке присоединения кабельной линии от ВРУ к ЩС 1. Для дальнейшего расчета токов КЗ на стороне 0,4 кВ составим схему замещения СЭС (рисунок 5.1).

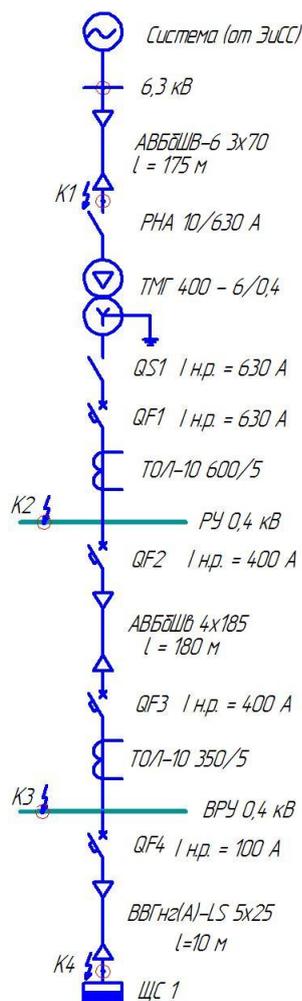


Рисунок 5.1 – Схема замещения СЭС

По выражению 4.1 получаем расчетный ток на низкой стороне 0,4 кВ:

$$I = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 578 \text{ А.}$$

Рассчитаем токи КЗ на стороне ниже 1 кВ с помощью снижающего коэффициента K_C , описываемого в ГОСТ-28249-93 [10]. Значения K_{C1} для начального момента КЗ ($t_{КЗ} < 0,05\text{с}$) и K_{C2} для установившегося режима ($t_{КЗ} > 0,06 \text{ с}$) найдены экспериментально и приведены на графике в ГОСТ-28249-93 [10].

Определим сопротивление системы по выражению:

$$x_c = \frac{U_{\text{НН}}^2}{S_c}; \quad (5.7)$$

$$x_c = \frac{400^2}{500} \cdot 10^{-3} = 0,32 \text{ мОм.}$$

Сопротивления ТМГ-400 определим по выражениям:

$$r_T = \frac{P_{\text{КНОМ}} \cdot U_{\text{ННОМ}}^2}{S_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot 10^6; \quad (5.8)$$

$$x_T = \sqrt{u_K^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{\text{КНОМ}}}{S_{\text{ТНОМ}}}\right)^2} \cdot \frac{U_{\text{ННОМ}}^2}{S_{\text{ТНОМ}}} \cdot 10^4. \quad (5.9)$$

Отсюда получаем:

$$r_T = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{400^2} \cdot 10^6 = 5,5 \text{ мОм;}$$

$$x_T = \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 6}{400}\right)^2} \cdot \frac{6,3^2}{400} \cdot 10^4 = 17,14 \text{ мОм.}$$

Проведем расчет общего сопротивления на примере точки К2:

$$r_1 = r_{\text{КЛ1}} + r_T + r_K + r_{\text{ав}} + r_K + r_{\text{ТТ}}; \quad (5.10)$$

$$x_1 = x_{\text{КЛ1}} + x_T + x_{\text{ав}} + x_{\text{ТТ}} + x_C; \quad (5.11)$$

$$z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2}. \quad (5.12)$$

Отсюда получаем:

$$r_1 = 0,443 + 5,5 + 0,15 + 0,41 + 0,15 + 0,03 = 6,68 \text{ мОм;}$$

$$x_1 = 0,08 + 17,14 + 0,13 + 0,05 + 0,32 = 17,72 \text{ мОм;}$$

$$z_1 = \sqrt{6,68^2 + 17,72^2} = 18,94 \text{ мОм.}$$

Схема замещения прямой последовательности с расчетами параметров изображена на рисунке 5.2.

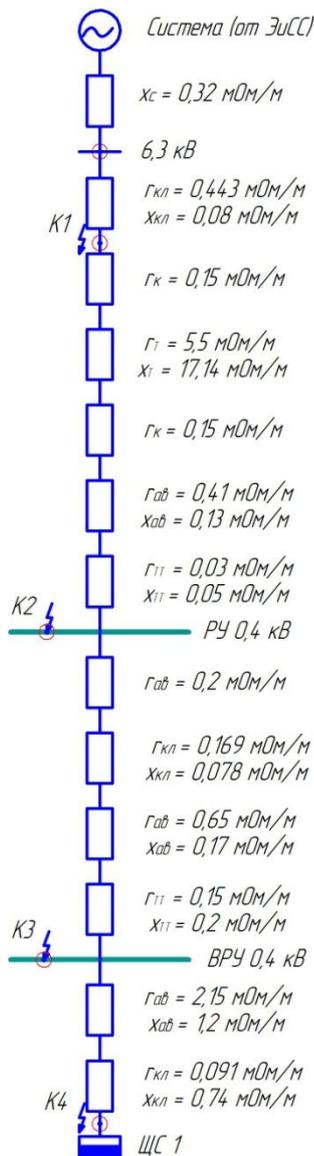


Рисунок 5.2 – Схема замещения прямой последовательности

Рассчитаем начальное действующее значение периодической составляющей металлического трехфазного тока КЗ без учета подпитки от электродвигателей по выражению:

$$I_{n0 \max} = \frac{U_{\text{ном}}}{3 \cdot (r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2)}; \quad (5.13)$$

Отсюда получаем:

$$I_{n0 \max} = \frac{0,4}{3 \cdot 10^{-6} \cdot (6,68 + 17,14^2)} = 12,2 \text{ кА.}$$

Далее определяем ток трехфазного дугового КЗ. Зная значение полного суммарного сопротивления до точки К2, определим по графику кривых K_{C1} и

K_{C2} из приложения ГОСТ-28249-93 [10] их значения. При $z = 18,94$ мОм, значение $K_{C1} = 0,69$, а $K_{C2} = 0,6$.

Ток трехфазного дугового КЗ определяется по формуле:

$$I_{n0 \min} = I_{n0 \max} \cdot K_C \quad (5.14)$$

$$I_{n0 \min} = 12,2 \cdot 0,69 = 8,42 \text{ кА}; \text{ при } t \approx 0;$$

$$I_{n0 \min} = 12,2 \cdot 0,6 = 7,32 \text{ кА}; \text{ при } t \approx 0,06 \text{ с.}$$

Определим ударный ток по выражению:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{n0 \max} \cdot K_{уд}; \quad (5.15)$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 12200 \cdot 1,25 = 21570 = 21,57 \text{ кА.}$$

Ударный коэффициент $K_{уд}$ определяем по характеристике кривой, приведенной в ГОСТ-28249-93 [10] и зная соотношение сопротивлений $\frac{x_1}{r_1}$.

$$\frac{x_1}{r_1} = \frac{17,72}{6,68} = 2,65.$$

Данному значению соответствует $K_{уд} = 1,25$.

Рассчитаем значения токов КЗ оставшихся точек по аналогии и занесем полученные результаты в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Значения параметров и токов в точках КЗ

№	$U_{\text{ср.ном}}$, кВ	r , мОм	x , мОм	K_{C1} при $t \approx 0$	K_{C2} при $t \approx 0,06 \text{ с}$	$I_{n0 \max}$, кА	$K_{уд}$	$i_{уд}$, кА
К1	6,3	-	-	-	-	17,14	1,6	38,43
К2	0,4	6,68	17,72	0,69	0,6	12,2	1,25	21,57
К3	0,4	7,85	18,17	0,7	0,61	11,68	1,22	20,15
К4	0,4	10,74	19,46	0,72	0,63	10,4	1,18	17,36

6 Выбор электрооборудования системы электроснабжения

После определения токов в сети в аварийном режиме, опираясь на полученные данные, можем произвести выбор коммутационной аппаратуры, кабелей и трансформаторов тока.

6.1 Выбор автоматических выключателей

Рассмотрим рекомендованные производителем рассматриваемой КТП выключатели [12], паспортные данные которых занесем в таблицу 6.1. Далее проведем сравнительный анализ номинальных параметров оборудования с их расчетными и сделаем вывод о целесообразности их установки.

Произведем проверку автоматических выключателей на примере типа ВА55-41 на участке КТП по следующим условиям [11]:

1) Защита от токов КЗ и перегрузок:

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{расч}}, \quad (6.1)$$

где $I_{\text{ном}}$ – номинальный ток выключателя, А;

$I_{\text{расч}}$ – расчетный ток линии, А.

$$630 \geq 578 \text{ А.}$$

$$I_{\text{н.расц.}} \geq I_{\text{расч}}, \quad (6.2)$$

где $I_{\text{н.расц.}}$ – номинальный ток расцепителя выключателя, А.

$$630 \geq 578 \text{ А.}$$

2) По отключающей способности:

$$I_{\text{ПКС}} \geq I_{\text{нотмах}}^{(3)}, \quad (6.3)$$

где $I_{\text{ПКС}}$ – предельная коммутационная способность аппарата, кА.

$$55 \geq 12,2 \text{ кА.}$$

3) На динамическую устойчивость:

$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}, \quad (6.4)$$

где $I_{\text{дин}}$ – ток динамической устойчивости аппарата, кА.

$$25 \geq 21,57 \text{ кА.}$$

Таблица 6.1 – Расчетные и паспортные данные рассматриваемых автоматических выключателей

Отходящая линия	$I_{ном.}$ А	$I_{расч.}$ А	$I_{н.расч}$ А	$I_{расч.}$ А	$I_{ПКС.}$ кА	$I^{(3)}_{номmax.}$ кА	$I_{дин.}$ кА	$i_{уд.}$ кА	Тип автомата
КТП	630	578	630	578	55	12,2	25	21,57	ВА55-41
КТП–ВРУ	400	298,5	400	298,5	55	11,68	25	20,15	ВА55-41
ВРУ–ЩС1	100	82,95	100	82,95	32,5	10,4	40	17,36	ВА55-37

Поскольку выбранные типы автоматических выключателей удовлетворяют всем условиям, то значит, они подходят для дальнейшей установки.

6.2 Выбор разъединителей

Разъединители выбираются по следующим параметрам [11]:

- 1) номинальному напряжению ($U_{ном} \leq U_{сети}$);
- 2) номинальному току ($I_{max} \leq I_{ном}$);
- 3) электродинамической стойкости ($i_{уд} \leq i_{нрс}$);
- 4) термической стойкости ($B_K \leq B_{кр}$).

Рассчитаем термическую стойкость КЗ на участке Система – КТП:

$$B_K = I_{н0}^2 T_a + t_{пво} , \quad (6.5)$$

где T_a – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, с; $t_{пво}$ – полное время отключения выключателя для заданной ступени напряжения, с.

Рассчитаем время действия релейной защиты:

$$\tau = t_{рз} + t_{сво} \quad (6.6)$$

$$\tau = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ с,}$$

где $t_{рз}$ – время срабатывания релейной защиты с; $t_{сво}$ – время срабатывания выключателя на отключение, с.

$$B_K = 17,14^2 \cdot 0,05 + 0,016 = 6,17 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Аналогичным способом рассчитаем термическую стойкость КЗ на остальных участках, результаты занесем в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 - Расчетные и паспортные данные разъединителей

Отходящая линия	$U_{ном}$, кВ	$U_{сети}$, кВ	$I_{ном}$, А	I_{max} , А	B_k , кА ² ·с	$B_{кр.}$, кА ² ·с	$i_{прс.}$, кА	$i_{уд.}$, кА	Тип разъединителя
Система-КТП	10	6	630	578	12,5	6,17	31,5	38,43	РЛНД-10/630
КТП	10	0,4	630	578	12,5	3,12	31,5	21,57	РЛНД-10/630
КТП-ВРУ	10	0,4	400	298,5	10	1,06	25	20,15	РЛНД-10/400

Как видно из результатов в таблице 6.2, параметры выбранных разъединителей удовлетворяют условиям выбора, а значит подходят для установки.

6.3 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по следующим параметрам [11]:

- 1) номинальному напряжению ($U_{номq} \leq U_{сет.номq}$);
- 2) номинальному рабочему току ($I_{номq} \leq I_{ном1q}$);
- 3) электродинамической стойкости ($i_{удq} \leq I_{эдн}$);
- 4) термической стойкости ($B_{кq} \leq B_{крq}$);
- 5) конструкции и классу точности;
- 6) вторичной нагрузке ($Z_2 \leq Z_{ном2}$).

Заводом-изготовителем устанавливаемой КТП рекомендуются к установке трансформаторы тока ТОЛ-10 [13] с классом точности для вторичной обмотки измерений 0,5S. Данные типы трансформаторов тока хорошо зарекомендовали себя на рынке и наиболее часто устанавливаются на КТП заводами-изготовителями.

На ВРУ в электрощитовой здания принимаем к установке трансформаторы тока ТТИ-30-300/5 с классом точности 0,5S. В качестве вторичной нагрузки трансформаторов тока устанавливаются трехфазные счетчики активной и реактивной энергии Меркурий 230 ART-03-C(R)N 3x230 В, 5 А, класс точности 1,0.

Занесем расчетные и каталожные данные для трансформаторов тока ТОЛ-10-600/5 и ТТИ-30-300/5 [13] в таблицу 6.3 для того, чтобы проверить их параметры на условия дальнейшей установки.

Таблица 6.3 – Расчетные и каталожные данные для трансформаторов тока ТОЛ-10-600/5 и ТТИ-30-300/5

ТОЛ-10-600/5		ТТИ-30-300/5	
Расчетные данные	Каталожные данные	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_{ном} = 0,4$ кВ	$U_{сет.ном} = 10$ кВ	$U_{ном} = 0,4$ кВ	$U_{сет.ном} = 0,66$ кВ
$I_{max} = 578$ А	$I_{ном} = 600$ А	$I_{max} = 298,5$ А	$I_{ном} = 300$ А
$i_{уд} = 21,57$ кА	$i_{прс} = 100$ кА	$i_{уд} = 20,15$ кА	$i_{прс} = 81$ кА
$B_K = 3,12$ кА ² ·с	$B_{Кв} = 31,5$ кА ² ·с	$B_K = 1,06$ кА ² ·с	$B_{Кв} = 31,5$ кА ² ·с

Выбранные трансформаторы тока подходят для установки, так как полностью удовлетворяют всем необходимым условиям выбора.

6.4 Выбор кабелей

Выбор типа проводников и способов их прокладки произведен на основании ГОСТ Р 50571.15-97. Питание ВРУ от КТП осуществляется двумя кабелями марки АВБбШв 4х185, проложенных в траншее с применением двустенных гофрированных труб. Питающие и распределительные сети внутри здания от ВРУ выполнены кабелями марки ВВГнг(А) – LS, которые проложены в помещении в кабельных лотках. Данные кабели изготовлены с медными жилами, внутренняя и внешняя оболочка кабелей выполнены из поливинилхлорида. Данные кабели нельзя применять при прокладке под землей, без дополнительной защиты. Аббревиатура «НГ» – означает особенность кабеля не поддерживать горение, дополнение «LS» («ЛС») означает «Low Smoke», что в переводе на русский «мало дыма». Символ А указывает, что кабель можно использовать при групповой укладке; FR — наличие термического барьера в виде обмотки проводника двумя слюдосодержащими лентами, что повышает устойчивость к возгоранию кабеля [16].

Сети освещения предусмотрены: в производственных и подсобных помещениях кабелем ВВГнг(А)-LS открыто по кабельным конструкциям и по

стенам. Групповые линии аварийного освещения на путях эвакуации предусмотрены кабелем ВВГнг(А)-FRLS.

Кабельные линии систем противопожарной защиты предусмотрены огнестойкими кабелями с медными жилами, не распространяющими горение при групповой прокладке по категории А по ГОСТ Р МЭК 60332-3-22-2005 [14] с низким дымо- и газовыделением (нг-LSFR) или не содержащими галогенов (нг-HFFR) [17]. Питающие кабели от ввода в здание до ВРУ предусмотрено покрыть огнезащитным составом.

Рассчитаем расчетный ток наиболее далеко расположенного от КТП однофазного электроприемника на примере кондиционера:

$$I_p = \frac{P_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}}, \quad (6.7)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная активная мощность кондиционера, кВт; $\cos \varphi_{\text{ном}}$ – номинальный коэффициент мощности;

$$I_p = \frac{2}{220 \cdot 0,85} = 10,7 \text{ А.}$$

Принимается кабель ВВГнг(А) – LS 3x2,5 с сечением жилы 2,5 мм².

Для данного кабеля выполняется условие:

$$I_p \leq K_n \cdot I_{\text{доп}}, \quad (6.8)$$

где $I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый ток на кабелях данного сечения, А; K_n – поправочный коэффициент на условия прокладки, о.е., принимается для прокладки в помещении равным 1.

$$10,7 \leq 1 \cdot 25;$$

Выбранные сечения кабелей проверяются по допустимой потере напряжения. Это необходимо для обеспечения нормального напряжения на зажимах ЭП в пределах допустимых отклонений [18].

Потеря напряжения в сети определяется по формуле 6.9, %:

$$\Delta U_c = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L}{U_n} \cdot r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi \cdot 100, \quad (6.9)$$

где I_p – расчетный ток линии на данном участке, А; L – расстояние от точки питания до точки приложения равнодействующей нагрузки, км; r_0, x_0 –

активное и индуктивное сопротивление 1 км линии, Ом/км; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности данного участка, о.е.; $U_{л}$ – линейное напряжение, равное 380 В.

Пример расчета приводится на участке линии КТП–ВРУ.

Потеря напряжения на данном участке:

$$\Delta U_c = \frac{\sqrt{3} \cdot 156,07 \cdot 180}{380} \cdot 0,208 \cdot 0,88 + 0,056 \cdot 0,47 \cdot 100 = 2,7\%.$$

Расчет для остальных линий производится аналогично, результаты расчета сводятся в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 – Расчет потерь напряжения на участках сети

Наименование линии	I_p, A	Марка кабеля	$r_0,$ Ом/км	$x_0,$ Ом/км	L, м	$\Delta U_c, \%$
КТП–ВРУ	156,07	АВБбШв 4x185	0,208	0,056	180	2,7
ВРУ–ЩР–КПП	36,13	ВБШвнг(А) – FRLS 5x16	1,12	0,068	275	4,7
ЩР–КПП1.1.11	9,09	ВВГнг(А)–LS 3x2,5	0,72	0,066	60	0,18

Напряжение на зажимах наиболее удаленного от КТП электроприемника, % находится по формуле:

$$U_{дв} = U_x - \Delta U_T - \Delta U_c, \quad (6.10)$$

где U_x – напряжение холостого хода на зажимах вторичной обмотки трансформатора КТП, равное 105%; ΔU_T – потеря напряжения в трансформаторе КТП, %,

$$\Delta U_T = K_3 \cdot U_a \cdot \cos\varphi + U_p \cdot \sin\varphi, \quad (6.11)$$

где K_3 – коэффициент загрузки трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_n}{2 \cdot S_{тр}}; \quad (6.12)$$

$$K_3 = \frac{226,79}{2 \cdot 400} = 0,28;$$

U_a – активная составляющая напряжения к.з., %,

$$U_a = \frac{\Delta P_k}{S_n} \cdot 100, \quad (6.13)$$

где ΔP_k – потери короткого замыкания;

$$U_a = \frac{5,5}{400} \cdot 100 = 1,38;$$

U_p – реактивная составляющая напряжения к.з., %,

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2}, \quad (6.14)$$

U_k – напряжение к.з., %;

$$U_p = \sqrt{5,5^2 - 1,38^2} = 5,32;$$

$$\Delta U_T = 0,28 \cdot 1,38 \cdot 0,87 + 5,32 \cdot 0,49 = 0,92;$$

$$U_{дв} = 105 - 0,92 - 2,7 - 4,7 - 0,18 = 96,5.$$

Напряжение на зажимах наиболее удаленного потребителя находится в допустимых пределах.

Результаты выбранных марок и сечений кабелей на различных участках распределительной сети, а также их длину и номинальные токи занесем в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 – Выбранные марки кабелей на участках распределительной сети

Наименование линии	Марка кабеля	$I_{ном}$, А	Длина линии, м
КТП1 – ВРУ	АВБбШв 4x185	156,07	180
КТП2 – ВРУ	АВБбШв 4x185	152,41	180
ВРУ – ЩС1	ВВГнг(А) – LS 5x25	77,58	10
ЩС1 – Мойка высокого давления №1-3	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	14,32	18
ЩС1 – Промышленные ворота №27-30	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	1,34	24
ЩС1 – Щит управления завесами	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	3,94	5
ЩС1 – Система очистки воды	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	17,11	22
ЩС1 – Подключение розеток в помещении	ВВГнг(А) – LS 5x4	16,73	20
ЩС1 – Шкаф для сушки одежды	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	12,57	20
ЩС1 – Питание розеток на улице	ВБбШв 5x4	5,37	100
ВРУ – ЩС2	ВВГнг(А) – LS 5x10	33,11	120
ЩС2 – Розетки комп. в кабинете	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	10,7	29
ЩС2 – Розетки комп. в офисе (3)	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	24
ЩС2 – Розетки для принтеров	ВВГнг(А) – LS 3x4	10,7	24
ЩС2 – Розетки комп. в конф.зале	ВВГнг(А) – LS 3x4	8,02	27
ЩС2 – Розетки комп. в комнатах переговоров	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	5,35	43
ЩС2 – Розетки комп. в комнатах переговоров	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	10	50
ВРУ – ЩР1	ВВГнг(А) – LS 5x25	58,53	44
ЩР1 – Кран-балка подвесная	ВВГнг(А) – LS 5x4	16,38	45
ЩР1 – Катушка вытяжная	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	0,98	13

Продолжение таблицы 6.5

ЩР1 – Промышленные ворота №23-26	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	1,34	42
ЩР1 – Розетки технолог. в яме, 220 В.	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	22
ЩР1 – Розетки технолог. на колонне, 220 В.	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	5
ЩР1 – Розетки технолог. на колонне, 380 В.	ВВГнг(А) – LS 5x4	7,16	5
ВРУ – ЩР2	ВВГнг(А) – LS 5x25	50,29	56
ЩР2 – Катушка вытяжная (2)	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	0,98	40
ЩР2 – Промышленные ворота №19-22	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	1,34	42
ЩР2 – Розетки технолог. в яме, 220 В. (2)	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	22
ЩР2 – Розетки технолог. На колонне, 220 В. (3)	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	5
ЩР2 – Розетки технолог. На колонне, 380 В	ВВГнг(А) – LS 5x4	7,16	5
ВРУ – ЩР3	ВВГнг(А) – LS 5x25	71,67	68
ЩР3 – Катушка вытяжная	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	0,98	13
ЩР3 – Розетки технолог. в яме, 220 В. (2)	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	22
ЩР3 – Розетки технолог. На колонне, 220 В. (4)	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	35
ЩР3 – Промышленные ворота №9-18	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	1,34	52
ВРУ – ЩР4	ВВГнг(А) – LS 5x25	35,79	95
ЩР4 – Точильно-шлифовальный станок	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	3,94	18
ЩР4 – Пылеотсос	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	0,98	5
ЩР4 – Установка для обслуживания кондиционера	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	4,01	14
ЩР4 – Пресс напольный гидравлический	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	8,02	16
ЩР4 – Стенд для ремонта двигателей	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	5,35	17
ЩР4 – Розетки рабочего места мастера приёмщика	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	27
ЩР4 – Розетки технолог. На колонне, 220 В.	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	15
ЩР4 – Розетки технолог. на колонне, 380 В.	ВВГнг(А) – LS 5x4	7,16	15
ЩР4 – Розетки технолог. на колонне, 220 В.	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	10,7	16
ВРУ – ЩР5	ВВГнг(А) – LS 5x35	96,46	118
ЩР5 – Точильно-шлифовальный станок	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	3,94	25
ЩР5 – Пылеотсос	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	0,98	5

Продолжение таблицы 6.5

ЩР5 – Розетки на рабочих местах	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	28
ЩР5 – Розетки технолог. на колонне, 220 В. (4)	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	27
ЩР5 – Розетки технологические у верстаков	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	37
ЩР5 – Розетки технолог. на колонне, 380 В. (2)	ВВГнг(А) – LS 5x4	7,16	27
ЩР5 – Промышленные ворота №1-6	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	1,34	46
ЩР5 – Катушка вытяжная №1-3	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	0,98	35
ЩР5 – Подъемник двухстоечный №1-5	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	3,94	50
ЩР5 – Розетка технологич.	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	10,7	10
ВРУ – ЩР6	ВВГнг(А) – LS 5x25	65,57	100
ЩР6 – Розетки бытовые в столовой	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	5
ЩР6 – Плита электрическая	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	12,17	12
ЩР6 – Розетки бытовые в столовой	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	8,02	15
ЩР6 – Розетки бытовые в лобби-зоне	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	12,3	16
ЩР6 – Розетки бытовые в лобби-баре	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	14,12	12
ЩР6 – Розетки бытовые в гардеробах	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	12,83	9
ЩР6 – Розетки бытовые в вестибюле	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	50
ЩР6 – Розетки компьютерные в вестибюле	ВВГнг(А) – LS 3x4	18,72	35
ЩР6 – Розетки бытовые в коридоре	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	10,7	13
ЩР6 – Розетки компьютерные в зоне выдачи	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	5,35	24
ЩР6 – Промышленные ворота №7-8	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	1,34	38
ЩР6 – Розетки бытовые в вестибюле	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	5,35	50
ЩР6 – Зона хранения инструментов	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	21,39	50
ВРУ – ЩНО1	ВВГнг(А) – LS 5x6	6,47	120
ЩНО1 – Участок вдоль забора с восточной стороны от сервисного центра	ВБШв 5x2,5	2,32	150
ЩНО1 – Участок на фасаде здания (южная) лицевая сторона	ВВГнг(А) – LS 5x4	4,76	170
ВРУ – ЩР-КПП	ВБШвнг(А)–FRLS 5x16	55,11	275
ЩР-КПП – РИП	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	2,69	10

Продолжение таблицы 6.5

ЩР-КПП – ЩНО2	ВВГнг(А) – LS 5x6	17,17	10
ЩНО2 – Участок вдоль забора с западной стороны от сервисного центра	ВББШв 5x2,5	3,04	210
ЩНО2 – Участок возле КПП	ВББШв 5x2,5	10,73	40
ЩНО2 – Освещение западной стены сервисного центра	ВББШв 5x2,5	5	100
ЩР-КПП – Уличные розетки	ВВГнг(А) – LS 3x4	21,39	250
ЩР-КПП – Теплые полы	ВВГнг(А) – LS 3x4	20	10
ЩР-КПП – Розетки комп.	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	10,1	25
ЩР-КПП – Розетки бытовые	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	15,15	20
ЩР-КПП – ШКС-КПП	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	4,78	20
ЩР-КПП – КПП-ИБП-ОВД	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	14,35	20
ЩР-КПП – ШУ ворот (2)	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	8,52	40
ЩР-КПП – ШУ шлагбаум (2)	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	5,68	20
ЩР-КПП – Кондиционер	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	10,7	60
ВРУ – ЩО1	ВВГнг(А) – LS 5x6	20,6	10
ЩО1 – Венткамера и электрощитовая в осях 24-25/Г-Е	ВВГнг(А) – LS 5x6	0,71	15
ЩО1 – ИТП и компрессорная в осях 24-25/Г-Е	ВВГнг(А) – LS 5x6	1,06	25
ЩО1 – Технические помещения в осях 24-25/Е-И	ВВГнг(А) – LS 5x6	2,49	25
ЩО1 – Участок уборочно-моечных работ в осях 23-25/Г-И	ВВГнг(А) – LS 5x6	2,3	30
ЩО1 – Участок рем. зоны TRUCK в осях 12-23/Г-И	ВВГнг(А) – LS 3x4	17,1	90
ЩО1 – Смотровые ямы в осях 16-21/Г-И	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	1,74	50
ВРУ – ЩО2	ВВГнг(А) – LS 5x10	33,5	120
ЩО2 – Рем. зона LCV в осях 1-5/Г-И	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	8,55	25
ЩО2 – Служебный проход и служебный коридор в осях 6-11/Г-Ж	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	1,75	15
ЩО2 – КУИ, санузел и душевая в осях 6-7/Е-Ж	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	1,2	20
ЩО2 – Гардероб женский в осях 6-8/Е-И	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	1,38	20
ЩО2 – Санузел, душевая в осях 6-8/Е-И	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	2,34	20
ЩО2 – Гардероб мужской в осях 6-8/Г-Е	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	1,93	20
ЩО2 – Комната приема пищи в осях 8-10/Г-Е	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	3,04	25
ЩО2 – Санузел в осях 9-10/Г-Д	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	0,58	30
ЩО2 – Комната отдыха клиент., барная зона в осях 9-11/Г-Е	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	3	30

Продолжение таблицы 6.5

ЩО2 – Маслокладовая и масло-раздаточная в осях 10-11/Ж-К	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	1,4	35
ЩО2 – Складские помещения (проходы между стеллажами) 6-11/Е-К	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	4,22	35
ЩО2 – Кабинеты (2.02, 2.03, 2.04) в осях 6-10/И-К	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	1,87	35
ЩО2 – Кабинет (2.05) в осях 9-11/И-К	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	2,81	40
ЩО2 – Конференц-зал	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	2,18	25
ЩО2 – Комнаты переговоров в осях 10-11/Г-Е	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	1,09	25
ЩО2 – Санузлы (2.06, 2.07) в осях 6-7/Ж-И	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	1,17	15
ЩО2 – Венткамера, электроци-товая в осях 6-7/Е-Ж	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	0,7	10
ЩО2 – Серверная в осях 6-7/Д/Е	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	1,05	10
ЩО2 – Подсобное помещение в осях 6-7/Г-Д	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	0,82	10
ЩО-2 – Офисное помещение, светильники над столами в осях 7-10/Г-И	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	4,1	50
ЩО2 – Вестибюль в осях 6-11/А-Г	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	13,6	50
ВРУ – ЩОВ	ВВГнг(А) – LS 5x2,5	2,72	16
ЩОВ – Обогрев воронки ВР1-ВР19	ВВГнг(А) – LS 5x1,5	0,16	32
ВРУ – ЩВ1	ВВГнг(А) – LS 5x10	29,83	14
ВРУ – ЩВ2	ВВГнг(А) – LS 5x35	115,65	120
ВРУ – ЩК	ВВГнг(А) – LS 5x25	47,91	14
ВРУ – АВР ППН	ВВГнг(А) – FRLS 5x10	11,42	-
АВР ППН – ЩАО1	ВВГнг(А) – FRLS 5x4	4,2	10
ЩАО1 – Техническое помеще-ние в осях 24-25/Г-Е	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	1,77	20
ЩАО1 – участок моечных работ в осях 23-24/Г-И	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	2,3	20
ЩАО1 – Участок рем. зоны TRUCK в осях 12-23/Г-И	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	8,55	75
АВР ППН – ЩАО2	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	7,19	120
ЩАО2 – Рем. зона LCV в осях 1-5/Г-И	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	4,88	30
ЩАО2 – Коридоры лестницы в осях 6-11/Г-К	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	2,46	50
ЩАО2 – Склад в осях 6-11/Е-К	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	2,81	45
ЩАО2 – Зона отдыха клиентов в осях 9-11/Г-Е	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	0,55	40

Продолжение таблицы 6.5

ЩАО2 – Венткамера, электро- щитовая, серверная в осях 6-7/Д- Ж	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	1,067	15
ЩАО2 – Офисное помещение в осях 7-10/Г-И	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	2,76	30
ЩАО2 – Вестибюль в осях 6- 11/А-Г	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	6,87	50
АВР ППН – ШПС1	ВВГнг(А) – FRLS 3x4	2,39	120
АВР ППН – РИП	ВВГнг(А) – FRLS 3x2,5	2,39	24
ВРУ – Р1	ВВГнг(А) – LS 3x2,5	4,01	5

7 Расчет заземляющих устройств

Проектными решениями предусмотрено обеспечение безопасного обслуживания электрооборудования, аппаратуры пожарной безопасности, средств связи и электрических кабельных сетей [19].

Сопrotивление заземляющего устройства, предусмотрено не превышающее 4-х Ом в любое время года [5]. Обеспечение данных сопротивлений предусмотрено с учетом использования естественных заземлителей. В качестве естественных заземлителей предполагаются металлические конструкции здания, имеющие связь с землей. Все входящие в здание трубопроводы и кабели, а также крановые пути и металлические корпуса оборудования, способные оказаться под напряжением предусмотрено присоединить к внутреннему контуру заземления [5].

В соответствии с требованиями ПУЭ и СНиП 3.05.06-85 [2] повторный контур защитного заземления в помещениях электрощитовой, венткамер и теплового узла предусмотрено выполнить с помощью стальной полосы 40x5 мм. Наружный контур заземления предусмотрено объединить с горизонтальным внутренним контуром не менее чем в 2-х местах. Все искусственные заземлители предусмотрено располагать под асфальтовым покрытием или в редко посещаемых местах (на газонах и т.п.).

Проводники защитного заземления, в т.ч. и шины, предусмотрены с цветным обозначением в виде чередующихся желто-зеленых полос [20]. В качестве главной заземляющей шины предусмотрено использовать шину РЕ ВРУ, установленную в электрощитовой [16].

Система заземления в здании принята TN-C-S, где не допускается объединение нулевых рабочих (N) и нулевых защитных (PE) проводников различных групповых линий в соответствии с СП 31-110-2003 и ПУЭ [5]. Данная система заземления широко применяется в последнее время при строительстве новых зданий и реконструкции старых. Также система заземления TN-C-S является наиболее оптимальной при соотношении безопасности и стоимости.

Защитное заземление (защитное зануление) всех металлических нетоковедущих частей осветительного электрооборудования предусмотрено путем преднамеренного соединения их с глухозаземленной нейтралью ВРУ. В качестве нулевых защитных проводников предусмотрены РЕ-проводники распределительной и групповой сети. Защитное заземление (защитное зануление) металлических корпусов светильников предусмотрено путем присоединения к заземляющему винту корпуса светильника РЕ проводника.

Система заземления КТП – TN-C. Заземляющее устройство КТП принято общим для УВН и РУНН. Заземляющее устройство выполнено вертикальными электродами из круга диаметром 18 мм соединенных между собой полосой сечением 5x40 мм. Полоса заземляющего устройства прокладывается в земле в траншее на глубине 700 мм. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом в любое время года. К заземляющему устройству КТП присоединим в двух местах, указанных заводом изготовителем.

8 Молниезащита здания

Проект молниезащиты и заземления сервисного центра грузовых автомобилей выполнен на основании РД 34.21.122-87 [15].

Определим класс молниезащиты здания с помощью формулы (8.1).

Исходные данные:

Здание имеет 2 степень огнестойкости, ожидаемое количество N поражений молнией в год равно:

$$N = S + 6 \cdot h \cdot L + 6 \cdot h - 7,7 \cdot h^2 \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (8.1)$$

$$N = 4,7 + 6 \cdot 9,8 \cdot 137 + 6 \cdot 9,8 - 7,7 \cdot 9,8^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0,04,$$

где: L – длина здания, 137 м;

S – ширина здания, 47 м;

h – высота здания, 9,8 м;

n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км земной поверхности для Самарской области.

В соответствии с п.4 таблицы 1 РД 34.21.122-87 [15] проектируемое здание относится по устройству молниезащиты к III категории, поэтому установка молниеприемников или наложение молниеприемной сетки не требуется для зданий и сооружений с металлическими фермами при условии, что в их кровлях используются негорючие или трудногорючие утеплители и гидроизоляция». Конструктивно все металлические элементы здания гальванически связаны между собой, способы соединения соответствуют п.1.7.122 ПУЭ [5], что позволяет их использовать в качестве естественных элементов системы молниезащиты.

Все металлические элементы крыши и выступающие над ней части (трубы, вентиляционное оборудование, антенны, металлическое ограждение, лестницы и т.д.) необходимо присоединить к металлическим колоннам прутком стальным оцинкованным диаметром 8 мм на сварке не менее чем в двух взаимно противоположных местах (рисунок 8.1). Все выступающие неметаллические элементы (вентшахты и т.д) над кровлей оснащаются стержневыми молниеприемниками из стального круга диаметром 16 мм (рисунок 8.2).

Молниеприемники должны возвышаться над обслуживаемым оборудованием не менее чем на 250 мм и соединяться с молниеприемной сеткой зажимами или сваркой [21]. Все места сварки должны быть защищены от коррозии битумным лаком или гудроном.

В качестве заземлителя можно использовать контур заземления, проложенный на расстоянии не менее 1 м от фундамента здания.

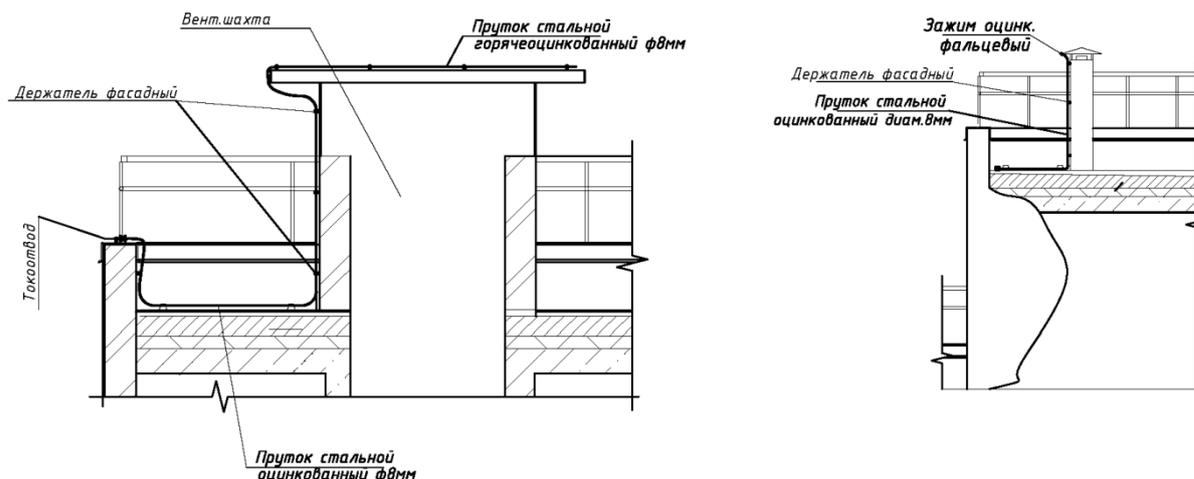


Рисунок 8.1 – Схема молниезащиты воздухозабора и вентоборудования

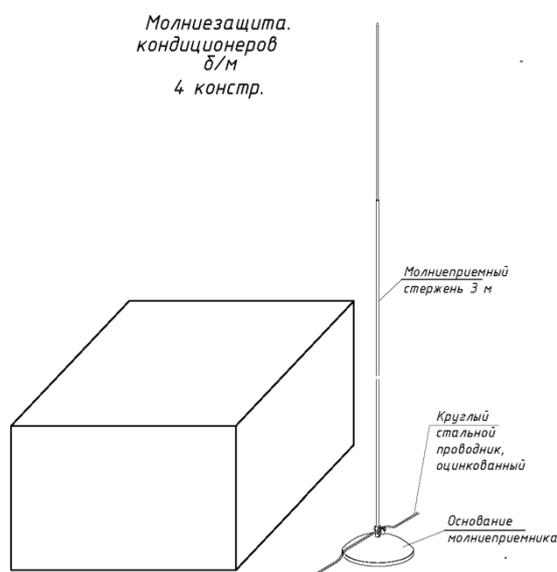


Рисунок 8.2 – Установка молниезащитного стержня на кровле здания

9 Монтаж систем внутреннего освещения

В ремонтных зонах TRUCK и LCV приняты к установке светильники марки РСУ-02-250, на участке уборочно-моечных работ и в вестибюле устанавливаем светильники марки ЛСПО-01-6x58 с классом защиты от попадания пыли и влаги IP 54 (в силу технологических особенностей данных помещений с целью предотвращения механического повреждения данных светильников).

В помещениях ремонтных зон LCV и TRUCK, а также на участке уборочно-моечных работ светильники крепятся к потолку с помощью троса, по причине большой высоты между уровнем пола и потолком здания (до 7м). В остальных помещениях здания светильники крепятся под потолком с помощью специальных крепежных кронштейнов, на стенах здания, либо врезаются в потолочные панели.

Сети освещения предусмотрены: в производственных и подсобных помещениях кабелем ВВГнг(А)-LS открыто по кабельным конструкциям и по стенам. Групповые линии аварийного освещения на путях эвакуации предусмотрены кабелем ВВГнг(А)-FRLS, огнестойким с низким дымо- и газовыделением.

В производственных помещениях для рабочего освещения предусмотрены светильники с люминисцентными лампами, для аварийного освещения безопасности – светильники с компактными и линейными люминисцентными лампами, для аварийного эвакуационного освещения – светильники с компактными люминисцентными лампами.

Рассмотрим более подробно монтаж светильников в производственных помещениях. Светильники марки РСУ-02-250 крепятся к потолку с помощью троса, длина которого составляет 2,5 м с помощью специального потолочного крепления к профнастилу здания. Данные крепления входят в комплект устанавливаемых светильников и крепятся с помощью специальных болтовых зажимов. Далее осуществляется крепление троса к потолочному кронштейну с помощью зажимов и болтов. Затем обратный конец троса вставляется в специальную проушину светильника и зажимается с помощью зажимов и болтового

соединения. В процессе дальнейшей эксплуатации данных светильников длину троса можно регулировать с целью изменения высоты светильника, а, следовательно, освещенности поверхности. Монтажная схема крепления светильников РСУ-02-250 и ЛСПО-01-6x58 изображена на рисунке 9.1.

Для удобства управления и переключения света на большой площади ремонтной зоны, переключатели света подключаются на 2 направления, схема которых изображена на рисунке 9.2. Таким образом, осуществлять включение/выключение света можно с помощью нескольких выключателей из разных участков помещения.

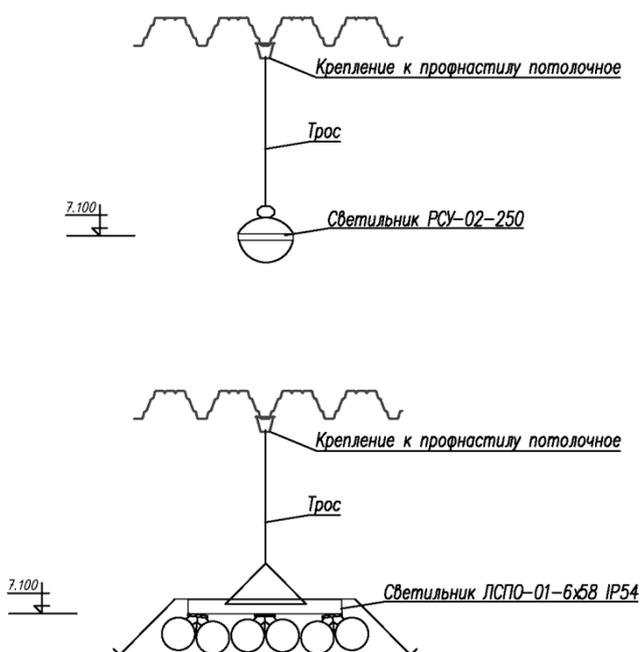


Рисунок 9.1 – Монтажная схема крепления светильников РСУ-02-250 и ЛСПО-01-6x58

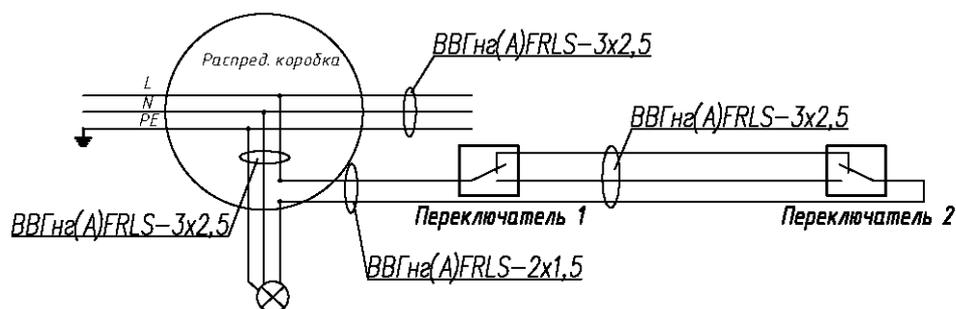


Рисунок 9.2 – Схема подключения переключателей на два направления

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе разработан проект электрооборудования и электрохозяйства центра по продаже и обслуживанию грузовых автомобилей. Произведен расчет ожидаемых электрических нагрузок предприятия, освещения и осуществлен выбор светильников. На основании расчета ожидаемых электрических нагрузок произведена проверка ранее установленных двух силовых трансформаторов марки ТМГ мощностью 400 кВА, по результатам которой выяснилось, что трансформаторы данной мощности подходят для дальнейшей эксплуатации. Поскольку на предприятии имеются потребители I категории надежности электроснабжения, ВРУ в здании запитано от двух независимых однотрансформаторных КТП 6/0,4 кВ, получающих электроэнергию от разных энергоснабжающих организаций. Схема электроснабжения предприятия выбрана радиальная. При разработке схемы электроснабжения учтены технологические требования обеспечения электроэнергией потребителей в зависимости от категорий по бесперебойности электроснабжения. Данный вариант построения сети электроснабжения с использованием современных средств автоматического управления предусмотрен обеспечить высокую надежность и бесперебойность питания. Рассчитаны токи короткого замыкания на стороне 6 и 0,4 кВ. По расчетным данным токов короткого замыкания выбрано электрооборудование, коммутационные аппараты, сечения и марки питающих кабелей. Система заземления сервисного здания выбрана TN-C-S, здания КТП – TN-C. Категория молниезащиты здания согласно расчетам относится к III. Для обеспечения рационального расходования электроэнергии в проекте предусматриваются современные технические средства: высокоэффективные двигатели, электронная пускорегулирующая аппаратура и централизованная система управления для сетей освещения, энергосберегающее светотехническое оборудование.

Бакалаврская работа выполнена в соответствии с нормативными требованиями и руководящими документами и удовлетворяет всем необходимым требованиям надежности и безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РФ. РТМ 36.18.32.4-92. Технический циркуляр ВНИГМ Тяжпромэлектропроект : утв. приказом № 359-92 от 30.07.1992. М., 1993. 14 с.
2. РФ. СНиП 3.05.06-85. Электротехнические устройства : утв. приказом №18-11 от 15.05.1997. М., 1999. 21 с.
3. РФ. СНиП 23.05-95. Строительные нормы и правила «Естественное и искусственное освещение» : утв. приказом №18-11 от 15.05.1997. М., 1999. 16 с.
4. РФ. Росстандарт. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия : утв. приказом №60-ст от 09.04.2007. М., 2007. 45 с.
5. Правила устройств электроустановок (ПУЭ). – 7-е изд. с изм. и доп. – М. : Госэнергонадзор, 2015. 56 с.
6. Анчарова Т. В., Рашевская М. А., Стебунова Е. Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : учебник. М. : Форум; НИЦ ИНФРА-М, 2012. 416 с.
7. Кудрин Б. И. Электроснабжение : учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования. М. : ИЦ Академия, 2012. 352 с.
8. Щербаков Е. Ф., Александров Д. С., Дубов А. Л. Электроснабжение. Курсовое проектирование : учебное пособие. СПб. : Лань, 2014. 192 с.
9. РФ. Росстандарт. ГОСТ Р 52735-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением выше 1 кВ : утв. 01.07.2007. М. : Стандартинформ, 2007. 36 с.
10. РФ. Росстандарт. ГОСТ Р 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках ниже 1000 В : утв. приказом от 21.10.1993. М. : 1994. 66 с.
11. Вахнина В. В., Черненко А. Н. Проектирование систем электроснабжения : учебно-методическое пособие. Тольятти : ТГУ, 2016. 67 с.
12. Каталог выпускаемой продукции [Электронный ресурс] : «Завод электротехнического оборудования» г. Великие Луки, Россия. URL: <http://zeto.ru> (дата обращения: 13.04.2018).

13. Каталог выпускаемой продукции [Электронный ресурс] : «Свердловский завод трансформаторов тока» г. Екатеринбург, Россия. URL: <http://cztt.ru> (дата обращения: 14.04.2018).
14. РФ. Росстандарт. ГОСТ Р МЭК 60332-3-22-2005. Испытание электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени : утв. приказом №361-ст от 28.12.2005. М., 2006. 27 с.
15. СССР. Госстандарт. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений : утв. 12.10.1987. М. : Энергоатомиздат, 1989. 56 с.
16. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования: Учебное пособие. М. : Форум, 2013. 216 с.
17. V. Gurevich Electric Relays: Principles and Applications – B.R. CRC Press, 2015. 704 p.
18. Alan L. Sheldrake. Handbook of Electrical Engineering: For Practitioners in the Oil, Gas and Petrochemical Industry [Electronic resource]. URL: <http://igs.nigc.ir/stands/book/electrical-eng-hb.pdf> (дата обращения: 20.04.2018).
19. Bauke Steenhuisen and Mark de Bruijne. Reflections on the role of energy network companies in the energy transition, 2015. 74 p.
20. Gernot Stoeglehner, Wolfgang Baaske, Hermine Mitter, Nora Niemetz, Karl-Heinz Kettl, Michael Weiss, Bettina Lancaster and Georg Neugebauer. Sustainability appraisal of residential energy demand and supply - a life cycle approach including heating, electricity, embodied energy and mobility, 2014. 69 p.
21. Huijie Li, Ilan Chabay, Ortwin Renn, Andreas Weber and Grace Mbungu. Exploring smart grids with simulations in a mobile science exhibition, 2015. 93 p.
22. Stephan Maier. Smart energy systems for smart city districts: case study Reininghaus District, 2016. 84 p.