

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)

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

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Проектирование электрохозяйства торгового центра»

Студент

Ф.Ф. Пиримов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент С.В. Шаповалов

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

Консультант

к.п.н., доцент А.В. Кириллова

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

Тольятти, 2020

## АННОТАЦИЯ

Темой ВКР является «Проектирование электрохозяйства торгового центра». Тема работы актуально, потому что проектирование оборудования и восстановление существующего оборудования предъявляет другие требования к проектированию нового оборудования и сооружений, основываясь на действующих стандартах и правилах проектирования энергетических систем. Использование правильных методов в нашем проекте приведёт к важным критериям, таким как надёжность сети и безопасность жизни людей.

Целью данной работы это система электрооборудования и электрохозяйства торгового центра, которая заключается в создании экономически эффективных и надёжных промышленных энергосистем и группа предприятий, занимающиеся торговлей, они ещё является место реализации многочисленных продажи продукты и материалы, которые необходима для сегодняшнего продвижение торговли и жизненные необходимости.

Чтобы достичь план ВКР выполнено несколько задания по расчёту. По полученным расчётам нагрузок, целого объекта, требований к установке и соответствующих кабелей распределительной сети. Осветительные приборы для внутреннего и наружного освещения разработаны и отобраны с учётом нескольких стандартов и правил освещения. Соответствующий трансформатор выбран исходя из расчётной нагрузки, освещения и пожарной нагрузки. На основании ТКЗ тестированы различные параметры оборудования КТП в каталоге СЭЩ. Рассчитан заземления торгового центра и молниезащиты. Последним этапом расчёта был расчёт отопления и вентиляции торгового центра.

Пояснительная записка выполнена на 55 страницах, содержит 12 таблиц, 11 рисунков, 21 источник, 5 из которых – иностранные. Графическая часть представлена на блистах формата А1.

## ABSTRACT

The title of the graduation work is "Design of electrical facilities of the shopping center".

The graduation work consists of an explanatory note on 55 pages, introduction, including 11 figures, 12 tables, the list of 21 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 6 A1 sheets.

We start with the statement of the problem and then logically pass over to its possible solutions. The aim of the work is to design the electrical system of the shopping center, which means to create cost-effective and reliable industrial power systems, and a group of enterprises engaged in trade.

To achieve this goal, several calculation tasks were completed. According to the load calculations, the entire object, and the installation requirements, the cables were selected for the power line and distribution networks, corresponding cable machines. Lighting devices for indoor and outdoor lighting were designed and selected taking into account several standards and rules of lighting. The appropriate transformer was selected based on the design load, lighting and fire load. Various parameters and equipment were tested based on the short-circuit current. The shopping center's grounding and lightning protection are calculated. These sections are considered very important in the design of the power supply system and the safety of people.

Overall, the results suggest that the graduation work is the following: the power supply system of the shopping center was developed and the appropriate electrical equipment was selected.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Общая характеристика проектируемого объекта .....	4
1.1 Расчёт электрических нагрузок .....	4
2 Расчёт освещения .....	11
3 Расчёт и выбор по мощности трансформаторов с учётом КУ.....	19
4 Расчёт токов короткого замыкания .....	26
4.1 Расчёт токов короткого замыкания выше 1 кВ.....	26
4.2 Расчёт токов короткого замыкания ниже 1 кВ.....	29
5 Выбор оборудования.....	35
5.1 Расчёт и выбор автоматических выключателей .....	35
5.2 Расчёт и выбор трансформаторов тока .....	36
5.3 Расчёт и выбор разъединителей .....	39
5.4 Выбор кабелей.....	40
6 Расчёт сопротивления заземляющего устройства и молниезащита .....	44
7 Расчёт отопления и вентиляции.....	48
Заключение .....	51
Список используемых источников.....	53

## ВВЕДЕНИЕ

Торговый центр— это общественное место, занимающиеся торговлей и бизнесом, они ещё является место реализации многочисленные продажи продукты и материалы, которые находятся в одном торговом здании. Торговый объект является общественным зданием. При условиях продвижение торговых взаимосвязи, а также разработка маркетинга обслуживание присутствует задача о стоимости арендной платы торговой площадей, а также электрооборудования и обстоятельство для обслуживания их работы. Основываясь на этих из задач, люди для открытия своего предприятие фирмы все обычно обратятся к применению торговых объектов, потому что торговые объекты оказывает необходимые высокого уровня практичности в использование.

Торговые центры также выгодны с точки зрения безопасности, экономии земли и энергии. Правильный подбор оборудования и грамотное проектирование электроустановок в торговых центрах отвечают за эффективное использование ресурсов торговыми центрами.

Главные потребителями электрической энергии в торговых центрах являются системы вентиляции, система освещения и холодильные установки которые потребляют значительные энергии.

Торговый объект подключена иобеспечена энергии вследствие установленной комплектная трансформаторная подстанция киоскового типа – 10/0,4кВ с двумя трансформаторами.

## 1 Общая характеристика проектируемого объекта

Проектирование электрохозяйства торгового центра является объектом выпускной квалификационной работы. Торговый центр — это комплекс здания, который сооружено в 3 этажа и выполнено план кровля в плоском виде. Первый и второй этаж торгового центра расположены зона торговли, которая занимает большое количество пространство. Последний этаж торгового центра занимает офисные помещения включая комната переговорная и т.д.

Категория надёжности торгового объекта – II. Основные потребители объекта является холодильные установки система кондиционирования система вентиляции и технологическое оборудование пищеблока.

Электрохозяйствоторговогообъекта включает в себя:

- щиты освещения;
- внутреннее и наружное освещение;
- аварийное освещение;
- лифтовое оборудование;
- устройство климат-контроля;
- противодымная вентиляция;
- бытовые приборы;
- розеточную сеть;
- прочая нагрузка.

### 1.1 Расчёт электрических нагрузок

Для определения расчётной мощности группы электроприемников воспользуемся следующей формулой:

$$P_p = P_n \cdot K_c, \quad (1)$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса;

$P_n$  – номинальная мощность группы электроприемников, кВт.

По полученному для каждой группы электроприемников значению  $P_p$  определяется реактивная нагрузка:

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

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

Далее найдём полную нагрузку по следующей формуле:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (3)$$

Максимальный расчётный ток рассчитаем по формуле:

$$I_p = \frac{S}{U\sqrt{3}} \quad (4)$$

Все итоговые электрические нагрузки занесли в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчёт нагрузок ВРУ-1 (торговый центр)

Наименование погратителей	Установле нная мощность	$K_c$	Коэффициент реактивной мощности		Потребляемая мощность			Установл. расч. ток	Максим. расч. ток
	$P_y$ , кВт		$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_p=P_y \cdot K_c$ , кВт	$Q_p=P_p \cdot tg\varphi$ , кВар	$S_p=\sqrt{P_p^2+Q_p^2}$ , кВА	$I_p=P_y/\sqrt{3} \cdot U$ , А	$I_p=S_p/\sqrt{3} \cdot U$ , А
ВРУ-1 потребители II категории									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Внутреннее освещение	41,60	1,0	0,92	0,43	41,60	17,7	45,2	63,2	68,7
ЩО1.1	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩО1.2	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩО1.3	5,20	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩО2.1	7,30	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩО2.2	5,60	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩО2.3	6,10	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩО3.1	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-
Наружное освещение	7,40	1,0	0,850	0,620	7,40	4,590	8,710	11,24	13,23
ШНО	7,40	-	-	-	-	-	-	-	-
Бытовые приборы, компьютеры и оргтехника	32,50	0,560	0,970	0,250	18,26	4,580	18,830	49,380	28,610
Сантехническое оборудование	13,50	0,670	0,980	0,200	9,04	1,840	9,230	20,510	14,021
Вентиляционное оборудование	61,60	0,740	0,90	0,480	45,57	22,07	50,650	93,590	76,951
ЩВ1.1	16,70	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩВ2.1	0,90	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩВ3.2	24,30	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩВ3.3	19,70	-	-	-	-	-	-	-	-
Холодильные установки система. кондиционирования	119,80	0,800	0,810	0,720	95,840	69,390	118,320	182,020	179,770
ЩК3.2	39,50	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩК2.1	6,40	-	-	-	-	-	-	-	-



Продолжение таблицы 1

ЩКЗ.1	40,30	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЩКЗ.3	33,60	-	-	-	-	-	-	-	-
Технологическое оборудование пищеблока	57,20	0,780	0,960	0,290	44,621	13,011	46,480	86,910	70,610
ЩР-ТХ	43,90	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩР1.1	7,30	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩР2.1	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩР3.1	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ВРУ-1 потребители I категории									
Противодымная вентиляция	95,1	1,0	0,86	0,59	95,10	56,43	110,59	144,48	168,02
ПД1	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ПД2	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ПД3	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ПД4	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-
ПД5	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ПД6	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ПД7	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
ПД8	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-
ПД9	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ПД1 лифт	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ПД1 ЗБ	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ВД1	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-
ВД2	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-
ВД3	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ВД4	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-
ВД5	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ВД6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-
ВД7	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-
ВД8	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ВД9	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ВД10	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

ВД11	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Аварийное освещение	4,20	1,0	0,950	0,330	4,200	1,380	4,420	6,380	6,720
ЩАО1.1	2,40	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩАО2.1	0,70	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩАО3.1	1,10	-	-	-	-	-	-	-	-
Лифтовое оборудование	38,0	0,70	0,650	1,170	26,600	31,100	40,920	57,740	62,180
ШУЛ1	9,50	-	-	-	-	-	-	-	-
ШУЛ2	9,50	-	-	-	-	-	-	-	-
ШУЛ3	9,50	-	-	-	-	-	-	-	-
ШУЛ4	9,50	-	-	-	-	-	-	-	-
Оборудование охранной и пожар. безопасности	7,0	1,0	0,95	0,33	7,00	2,30	7,37	10,65	11,21
ЩРСерв	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩПС	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ЩОС	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
КНС	22,0	0,5	0,80	0,75	11,00	8,25	13,75	33,43	20,88
Очистные сооружения "Волна"	3,0	1,0	0,80	0,75	3,00	2,25	3,75	4,56	5,70
Насос ХВС	0,37	1,0	0,91	0,46	0,37	0,17	0,41	0,56	0,62
ИТП	5,0	1,0	0,95	0,33	5,00	1,64	5,27	7,60	8,00
ШСН-1	2,10	0,5	0,80	0,75	1,05	0,78	1,31	3,19	1,99
ШСН-2	3,1	1,0	0,95	0,33	3,10	1,02	3,26	4,72	4,96
Насос противопожарный - внутренний	3,0	1,0	0,85	0,62	3,00	1,86	3,54	4,56	5,36
БУ-Оч.Волна	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Насос противопожарный - наружный	11,0	1,0	0,85	0,62	11,00	6,82	12,94	16,72	19,68
БУ-КНС	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого на ВРУ-1	527,3	0,82	0,87	0,57	432,71	247,20	498,4	801,39	757,25

Расчетная нагрузка линий, которые питаются в силовых электроприемников и освещения в соответствии с п.п.6.28(12) СПЗ1-110-2003 [1] составляет:

$$P_{\text{расч}} = K \cdot (P_{\text{ро}} + P_{\text{рс}} + K_1 P_{\text{рхс}}) \quad (5)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов нагрузок силовых электроприемников, включая холодильное оборудование и освещение, принимаемый по таблице 6.11 [1];

$K_1$  – коэффициент, зависящий от отношения расчетной нагрузки освещения к нагрузке холодильного оборудования холодильной станции, принимаемый по примечанию 3 к таблице 6.11 [1];

$P_{\text{ро}}$  – расчетная нагрузка освещения, кВт;

$P_{\text{рс}}$  – расчетная нагрузка силовых электроприемников без холодильных машин систем кондиционирования воздуха, кВт;

$P_{\text{рхс}}$  – расчетная нагрузка холодильного оборудования и система кондиционирования, кВт.

Исходя из формулы (5) получаем:

$$P_{\text{расч}} = 0,85 \cdot (53,2 + 206,2 + 0,5 \cdot 119,8) = 271,4 \text{ кВт}$$

Принято 10 кВт расчётной мощности в зоне торговли для одного силового щита.

Таблица 2 – Расчет нагрузок зон торговлей ВРУ-2

Наименование потребителей	$P_{\text{уст}}$ , кВт	$K_c$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{\text{расч}}$ , кВт	$Q_{\text{расч}}$ , кВт	$S_{\text{расч}}$ , кВА
Зона торговли - ЩР-1 (1 этаж), ЩС-6шт	60,0	0,9	0,95	0,33	54,0	17,7	56,8
Зона торговли - ЩР-3 (1 этаж), ЩС-4шт	40,0	0,9	0,95	0,33	36,0	11,8	37,8
Зона торговли - ЩР-4 (2 этаж), ЩС-4шт	60,0	0,9	0,95	0,33	54,0	17,7	56,8
Зона торговли - ЩР-6 (2 этаж), ЩС-4шт	40,0	0,9	0,95	0,33	36,0	11,83	37,89
Итого на ВРУ-2	200,0	0,9	0,95	0,33	180,0	59,17	189,48

Далее рассчитаем итоговую нагрузку в двух режимах, рабочий режим и режим пожара на торговый объект на РУ-0,4кВ конструируемый КТП при совместном питании в согласовании с СП 31-110-2003 [1] по выражениям:

$$P_{\text{р.рб.режим}} = P_{\text{зд.макс}} + K_1 \cdot P_{\text{зд.1}} \quad (6)$$

где  $P_{\text{зд.макс}}$  – наибольшая из нагрузок зданий, питаемых линией, кВт;

$P_{\text{зд.1}}$  – расчетная итоговая нагрузка всех нежилых помещений, кВт;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий долю электрических нагрузок общественных объектов в наибольшей расчетной нагрузке

$P_{\text{зд.макс}}$ , питаемых линией, принимаемый по таблице 6.13 СП 31-110-2003 [1].

$$P_{\text{р.режим пожар}} = P_{\text{зд.макс пожар}} + K_1 \cdot P_{\text{зд.1}} \quad (7)$$

где  $P_{\text{зд.макс пожар}}$  – наибольшая нагрузка при пожаре (из схемы ВРУ), кВт.

По выражениям (6 – 7) получаем:

$$P_{\text{р.раб.режим}} = 271,4 + 0,8 \cdot 180 = 415,41 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{р.режим пожар}} = 310,04 + 0,8 \cdot 180 = 454,04 \text{ кВт}$$

$S_{\text{р.режим пожар}} = 504,49 \text{ кВА}$  по выбору трансформатора наши данные совпадают с условием выбора,  $K_3 = 0,8$ .

Описана общая характеристика торгового объекта, далее произведено расчёт электрической нагрузки всех потребителей ВРУ-1 потребители I и II категории. Рассчитана нагрузка зоны торговли ВРУ-2. Исходя из полученных расчётов, рассчитали итоговую нагрузку в двух режимах, рабочий режим и режим пожара.





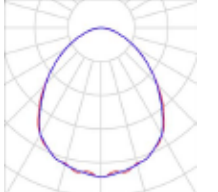
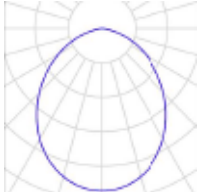
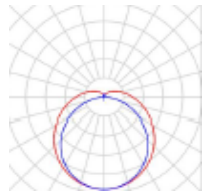
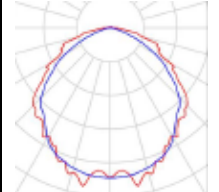
## 2 Расчёт освещения

По программе Dialux произведём расчёт освещения и выбор светильников.

Согласно ГОСТ Р 55710-2013 [2] таблицы 21 рабочая освещённость торговых помещений равна 300 лк. Согласно пункту 3.1.8 это значение должно быть меньше  $E_{ср}$ . Исходя из этого, выберем оптимальное количество светильников и их расположение.

Паспорт светильников, а также их количество, КСС, общий вид представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Таблица выбранных светильников и их количества

Светильник	ASTZ-ДВО12-38-001 Prizma 840	ASTZ-ДВО59-35-001 DLU840	ASTZ-ДПО52-40-101 Optimus 840	ASTZ-ДСП52-32-102 Optima 840
Световой поток, лм	4042	3321	4568	3937
Мощность светильников, Вт	34,80	35,0	38,0	32,2
Классификация светильников по CIE	100	100	88	98
CIE Flux Code	56 86 97 100 100	54 84 98 100 100	41 70 89 88 100	47 78 94 98 100
Комплектация	1xLED (Поправочный коэффициент 1,00)			
Количество, шт.	1106	47	82	100
Общий вид				
Кривая силы света (КСС)				

Места расстановки светильников на плане, результаты расчетов средней, максимальной, минимальной освещенности, также их отношений,

графическое изображения распределения освещенности по рабочей поверхности для всех этажей приведены на рисунках 4,5,6. Распределение уровней освещённости в трёх этажах приведены на рисунках 1, 2, 3.

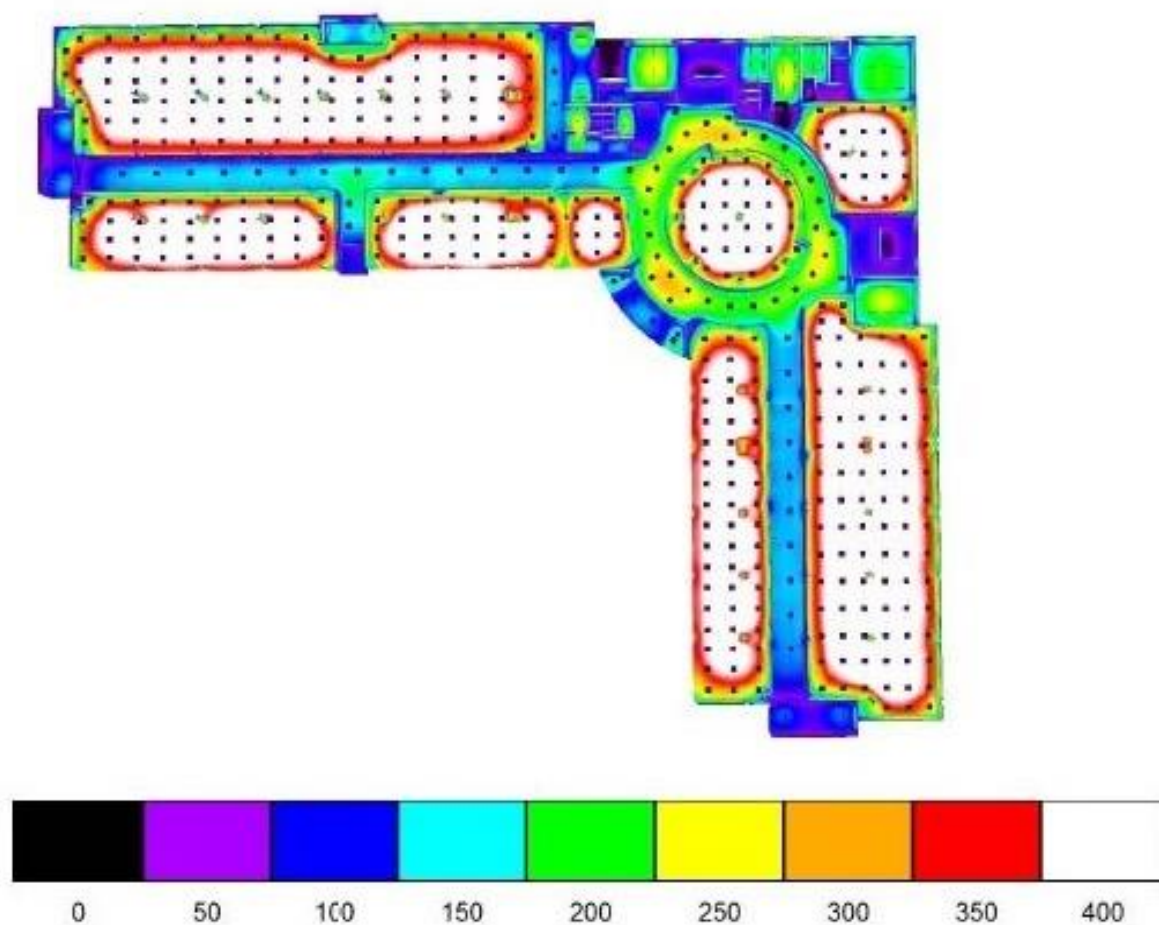


Рисунок 1 – Распределение уровней освещенности на первом этаже

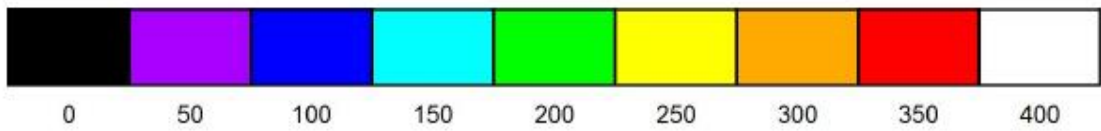
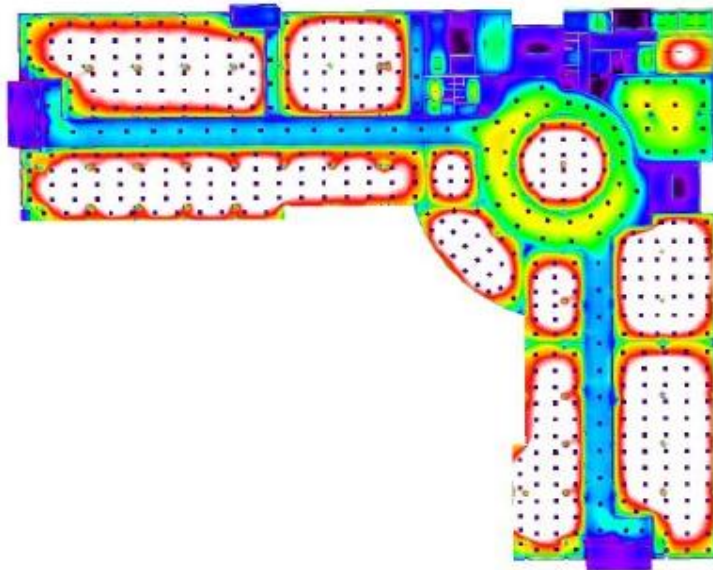


Рисунок 2 – Распределение уровней освещенности на втором этаже

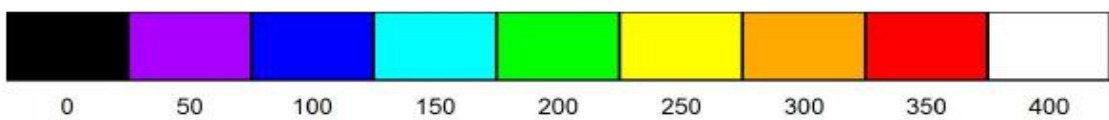
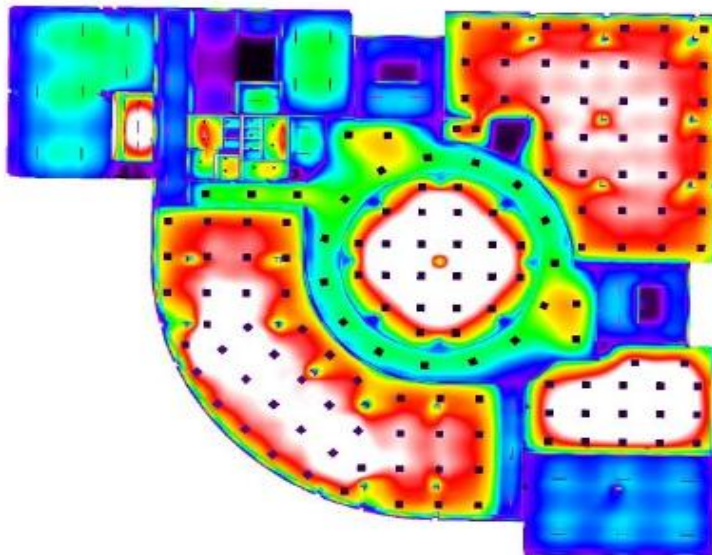
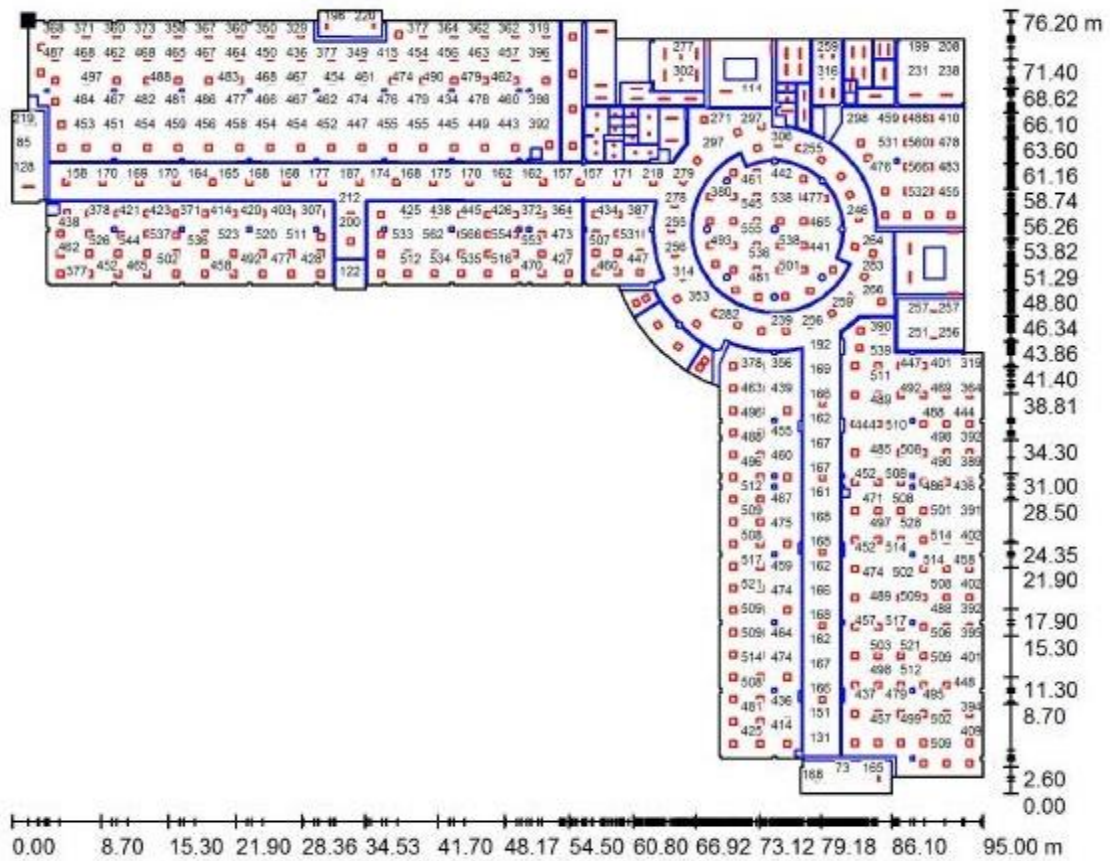


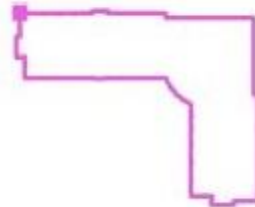
Рисунок 3 – Распределение уровней освещенности на третьем этаже



Значения в Lux, Масштаб 1 : 680

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка:  
(445.054 m, 368.258 m, 0.800 m)

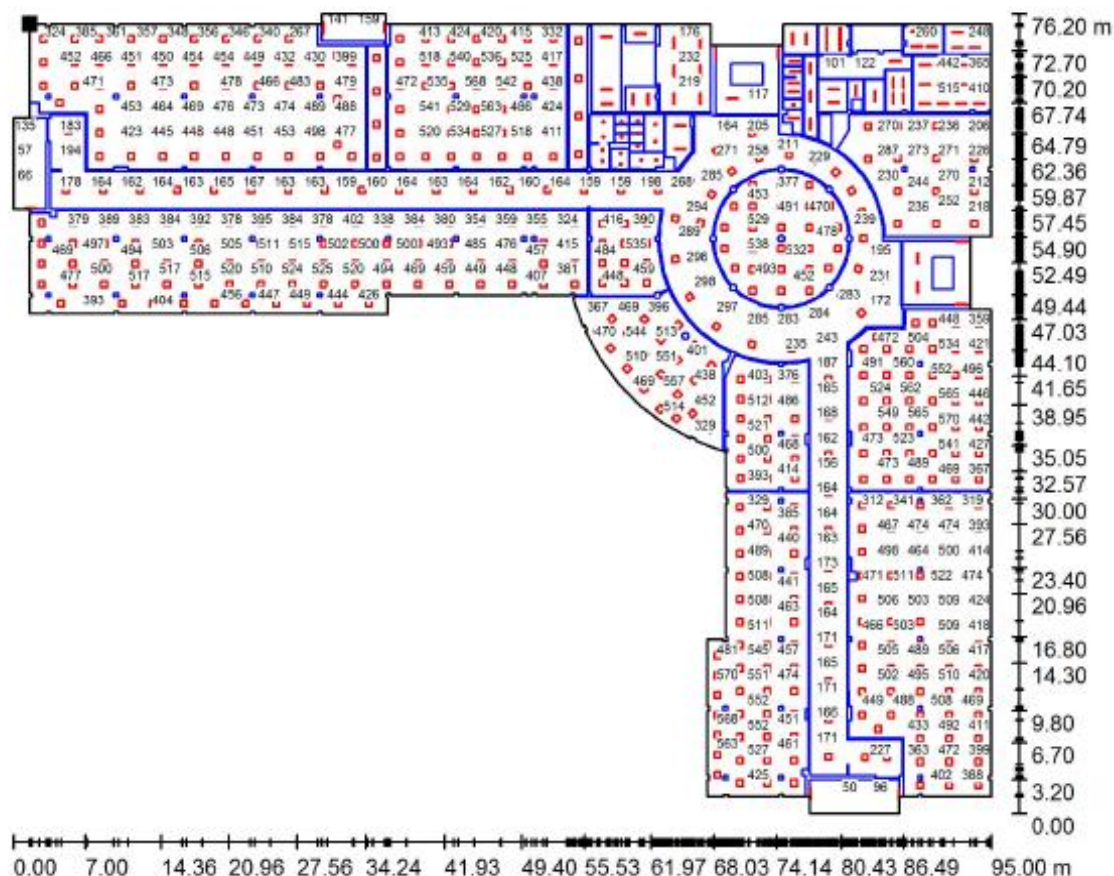


Растр: 128 x 128 Точки

$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$	$E_{min} / E_{max}$
347	21	583	0.060	0.036

Рисунок 4 – Графическое изображение распределения освещённости по рабочей поверхности на первом этаже

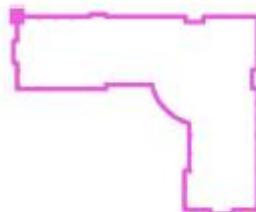




Значения в Lux, Масштаб 1 : 680

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка:  
(445.054 м, 252.536 м, 0.800 м)



Растр: 128 x 128 Точки

$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$	$E_{min} / E_{max}$
343	15	598	0.043	0.025

Рисунок 5 – Графическое изображение распределения освещённости по рабочей поверхности на втором этаже

Аварийные эвакуационные освещения включены в общие системы освещения и имеют маркировку, чтобы отличать их от рабочего освещения. Эвакуационные освещения на входе здания управляются централизованно с щита управления эвакуационными освещением в помещения охраны.

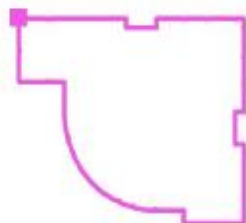
Аварийные освещения расположены в холле, коридоре, столовой и офисном здании.



Значения в Lux, Масштаб 1 : 500

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка:  
(486.654 m, 133.879 m, 0.800 m)



Растр: 128 x 128 Точки

$E_{\text{cp}}$ [lx]	$E_{\text{min}}$ [lx]	$E_{\text{max}}$ [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{cp}}$	$E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$
300	26	653	0.087	0.040

Рисунок 6 – Графическое изображение распределения освещенности по рабочей поверхности на третьем этаже

Объект должен быть снабжён фасадным освещением. Наружное освещение здания требует фасадного освещения, чтобы подчеркнуть архитектурные особенности здания и подчеркнуть структуру на фоне других

окружающих зданий. Оно должно выполняться светильниками со степенью защиты IP65. Выбор для установки фасадные светильники светодиодные GALAD Победа LED-100-ШБ2/К50. Общий вид и КСС светильника представлены на рисунках 7,8.



Рисунок 7 – Общий вид светильника GALAD Победа LED-100-ШБ2/К50

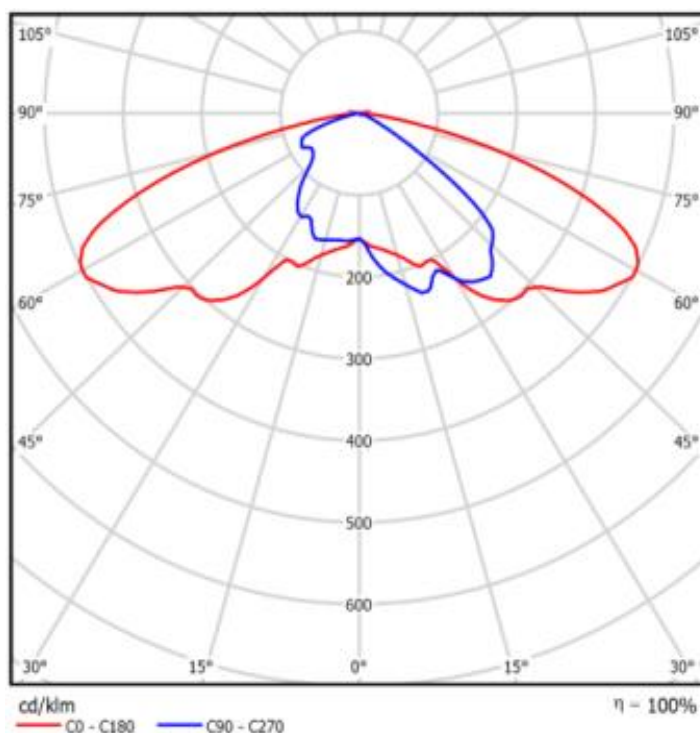


Рисунок 8 – Кривая силы света светильника GALAD Победа LED-100-ШБ2/К50

Переднее освещение осуществляется светодиодными светильниками, установленными на высоте 9 м над уровнем земли. Монтаж осуществляется на кронштейне из встроенных металлических элементов здания (рассматривается в рабочем документе). Управление осуществляется от внешнего светового шкафа, установленного на распределительном щите.

Освещение фасада автоматически контролируется и может управляться вручную из помещения электрощита.

Аварийные светильники включены в обычную систему освещения и имеет маркировку, чтобы отличать их от активных источников света. Аварийное освещение на входе в здание управляется централизованно с панели управления аварийным освещением охранного объекта. Эвакуационные огни расположены в коридоре, столовой и диспетчерской помещении.

По программе Dialux производили расчёт освещения и выбрали светильники. Исходя из этого, выбрано оптимальное количество светильников и их расположение в торговом объекте в 3 этажах. Графические изображения распределения освещённости по рабочей поверхности на три этажах представили в виде рисунках. Выбрали для установки фасадные светильники светодиодные.

### 3 Расчёт и выбор по мощности трансформаторов с учётомКУ

По итогам расчёта нагрузок торгового центра полная расчётная мощность в режим максимальной нагрузки составила 504,49кВА.

Категория надёжности торгового объекта - II, согласно ПУЭ оптимальным коэффициентом загрузки трансформатора  $K_3=0,8$ . Технологическое присоединение, к которому осуществляется установление, класс напряжения электрических сетей равно – 10/0,4 кВ.

Для того чтобы получать и распределять электроэнергию на территории торгового центра, будет обеспечена полноценная система трансформаторная подстанция киоскового типа – 10/0,4кВ [3].

Рассчитаем мощность трансформатора по следующей формуле:

$$S_T = \frac{S_p}{K_3 \cdot N_T} \quad (8)$$

Исходя из формулы (8) получаем:

$$S_T = \frac{504,49}{0,8 \cdot 2} = 315,31 \text{ кВА}$$

Первоначально выбираем количество, мощность [4], марку силовых трансформаторов – 2хТМГ-400/10/0,4 [5]. Трансформаторы выбираются по данным которые выше рассчитанным нагрузкой, в соответствии с категорией надёжности. Далее выберем для сравнения по технико-экономическим параметрами берём трансформатор на ступень выше в каталогах выбор трансформаторов по мощности — 2хТМГ-630/10/0,4.

Таблица 4 – Параметры ТМГ-400 и ТМГ-630

Трансформатор	ТМГ-400/10/0,4	ТМГ-630/10/0,4
$U_{ВН}$ ,кВ	10	10
$U_{НН}$ ,кВ	0,4	0,4
$P_{ХХ}$ , кВт	0,74	1,0
$P_{КЗ}$ , кВт	6,0	8,2
$I_{ХХ}$ , %	1,0	0,5

Продолжение таблицы 4

$U_{кз}, \%$	4,5	5,5
Число, шт.	2,0	2,0
Цена, тыс. руб	300	350

Рассчитаем время максимальных потерь по выражению:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{max}}{10000})^2 \cdot 8760 \quad (9)$$

где  $T_{max}$  – количество часов использования максимума нагрузки, ч.

Согласно РД 34.20.185-94 [7] для общественных объектов принимается равным 5400 ч.

Далее получаем:

$$\tau = (0,124 + \frac{5400}{10000})^2 \cdot 8760 = 3862 \text{ ч}$$

Ежегодные потери энергии для одного трансформатора определяются по формуле:

$$\Delta W_{общ} = \Delta P_{xx} \cdot T \cdot n + \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_p}{S_H}\right)^2 \cdot \tau \cdot \frac{1}{n} \quad (10)$$

где  $\Delta P_{xx}$ - потери холостого хода.

$\Delta P_{кз}$ - потери короткое замыкание.

$T$  –Время работы трансформатора в год, ч.

В качестве примера для расчёта берём ТМГ-400 получаем следующие потери в двух трансформаторах:

$$\Delta W_{общ} = 0,74 \cdot 8760 \cdot 1 + 6 \cdot \left(\frac{504,49}{400}\right)^2 \cdot 3862 \cdot \frac{1}{2} = 24912 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Полученные данные по формуле(10) для трансформаторов занесём в таблицу 5.

Далее для определения издержки воспользуемся выражению:

$$И = \rho \cdot K + c \cdot \Delta W_{общ} \cdot 10^{-5} = \rho \cdot K + \left(\frac{\alpha}{T_{max}} + \beta\right) \cdot \Delta W_{общ} \cdot 10^{-5} \quad (11)$$

где  $\rho$  – коэффициент отчислений на амортизацию и обслуживание;

$c$  – цена 1 кВт/ч потерь, тыс. руб;

$\alpha$  – основная ставка двухставочного тарифа за 1 кВт договорной мощности;

$\beta$  – дополнительная ставка двухставочного тарифа за каждый кВт·ч активной энергии, учтённой расчётным счётчиком;

$K$  – капиталовложения, тыс. руб.

Затем для определения издержки проводим расчёт на трансформатор ТМГ-400:

$$И = 0,093 \cdot 300 + \left( \frac{270}{3500} + 0,9 \right) \cdot 24912 \cdot 10^{-5} = 28,15 \text{ тыс. руб}$$

Затем рассчитаем общие затраты для ТМГ-400 по формуле:

$$З = p_n \cdot K + И \quad (12)$$

где  $p_n$  – стандартный коэффициент экономической эффективности;

Далее получаем:

$$З = 0,12 \cdot 300 + 28,15 = 64,15 \text{ тыс. руб}$$

Производим расчёт затрат трансформатора ТМГ-630 по аналогии с расчётом трансформатора ТМГ-400. Результаты занесём в таблицу 5.

Таблица 5 – Параметры и Техничко-экономическое сравнение ТМГ-400 и ТМГ-630

Трансформатор	ТМГ-400	ТМГ-630
$K_3$	0,63	0,4
$T_{\max}$ , ч	5400	5400
$\tau$ , ч	3862,25	3862,25
$\Delta W_{\text{общ}}$ , кВт·ч	24912,12	18913,60
И, тыс. руб	28,15	32,56
$p_n \cdot K$ , тыс. руб	42,00	48,00
З, тыс. руб	64,15	74,56

После расчёта по технико-экономическому сравнению мы удостоверились, что трансформатор ТМГ-400 по затратам является выгодным для нашего торгового объекта, чем трансформатор ТМГ-630. Трансформатор ТМГ-400 представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 – Трансформатор ТМГ 400/10/04

Далее произведём расчёт номинальной мощности и ступени регулирования УКРМ согласно требованиям по методике и нормам указанные в [9] чтобы компенсировать реактивной мощности.

Выполняем расчёт реактивной мощности, используя выше перечисленную активную мощность:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (13)$$

$$Q_p = 454,04 \cdot 0,48 = 217,94 \text{ квар}$$



Далее определим потери активной мощности:

$$\Delta P_T = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_{НН}}{S_T}\right)^2 \quad (14)$$

$$\Delta P_T = 0,74 + 6 \cdot \left(\frac{504,8}{400}\right)^2 = 10,3 \text{ кВт}$$

Приблизительно проведём расчёт потребляемую полную мощность на шинах низкого напряжения НН:

$$S_{НН} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{кв})^2} \quad (15)$$

$$S_{НН} = \sqrt{454,04^2 + (217,94 - 217,94)^2} = 454,04 \text{ кВА}$$

Затем произведём расчёт потери реактивной мощности в трансформаторе:

$$\Delta Q_T = \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_T + \frac{S_{НН}^2}{100 \cdot S_T} \sqrt{U_{кз}^2 - \left(\frac{100 \cdot \Delta P_{кз}}{S_T}\right)^2} \quad (16)$$

$$\Delta Q_T = \frac{1}{100} \cdot 400 + \frac{454,04^2}{100 \cdot 400} \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 6}{400}\right)^2} = 25,86 \text{ квар}$$

Далее определим номинальную мощность компенсирующего устройства:

$$Q_{куmin} = P_p \cdot (tg\varphi - tg\varphi_{max}) - \Delta P_T \cdot tg\varphi_{max} + \Delta Q_T \quad (17)$$

$$Q_{куmin} = 454,04 \cdot (0,48 - 0,1) - 10,3 \cdot 0,1 + 25,86 = 197,37 \text{ квар}$$

Определяем наибольшую допустимую мощность компенсирующего устройства:

$$Q_{ку\max} = P_p \cdot (tg\varphi - tg\varphi_{min}) - \Delta P_T \cdot tg\varphi_{min} + \Delta Q_T \quad (18)$$

$$Q_{ку\max} = 454,04 \cdot (0,48 - 0) - 10,3 \cdot 0 + 25,86 = 243,8 \text{ квар.}$$

Определим наиболее оптимальный выбор УКРМ по формуле(19):

$$197,37 \leq Q_{куном} \leq 243,8 \quad (19)$$

Из формулы(14)берёмАУКРМ 2х0,4-110-15-5:

$$S_{HH} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{ку})^2} \quad (20)$$

$$S_{HH} = \sqrt{454,04^2 + (217,94 - 220)^2} = 454,08 \text{ кВА}$$

Величина $S_{HH}$ фактический не различается отприведённых выше расчётов.

Найдём потери активной мощности в трансформаторе в режиме минимальной нагрузки  $S_{HH}=P_{pmin}$ , приближённо рассчитаем, что всю реактивную мощность нагрузки компенсирует УКРМ, по выражению (21):

$$\Delta P_T = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_{HH}}{S_T}\right)^2 \quad (21)$$

$$\Delta P_T = 0,74 + 6 \cdot \left(\frac{449,6}{400}\right)^2 = 8,32 \text{ кВт}$$

Далее определимрасчёт ступени регулирования УКРМ по выражению:

$$Q_{ку\ p} = (P_{pmin} + \Delta P_T) \cdot (tg\varphi_{max} - tg\varphi_{min}) \quad (22)$$

$$Q_{ку\ p} = (449,6 + 8,32) \cdot (0,1 - 0) = 45,79 \text{ квар}$$

Для определения и выбор ступени регулирования воспользуемся следующейвыражений:

$$Q_{\text{кур}} \geq Q_{\text{ку ступ}} \quad (23)$$

Выбираем по каталогу АУКРМ 0,4-110-10 (шаг регулирования 10квар).

Поскольку такой расчет необходим, то выбор оборудования для компенсации реактивной мощности рассматриваемый на этом объекте ВКР, частично решает проблему энергосбережения.

Компенсация реактивной мощности может увеличивать коэффициент мощности, и таким образом, повышается активная мощность передаваемой потребителю. Это уменьшает нагрузку за счёт снижение тока.

По итогам расчёта нагрузок торгового центра полная расчётная мощность в режим пожара, и категория надёжности торгового объекта – II, выбрана трансформаторная подстанция киоскового типа. Далее выбрали трансформатор на одну ступень выше для сравнения по технико-экономическому параметру. Затем рассчитали затраты двух трансформаторов, удостоверились, что трансформатор ТМГ-400 по затратам является выгодным для нашего торгового объекта. Всю реактивную мощность нагрузки компенсирует УКРМ выбирали по каталогу АУКРМ 0,4-110-10 и шаг регулирования.

## 4 Расчёт токов короткого замыкания

### 4.1 Расчёт токов короткого замыкания выше 1 кВ

По ГОСТ Р 52719-2007 получаем мощность трёхфазного короткого замыкания сети с  $S_c=500$  МВА. По данному ГОСТ расчёты проводятся в относительных единицах по выражениям приближенного приведения. Зададим  $U_6=10,5$  кВ,  $S_6=1000$  МВА. Чтобы определить ток короткого замыкания, мы составим схему расчётную и схему замещения, показанные на рисунке 10.

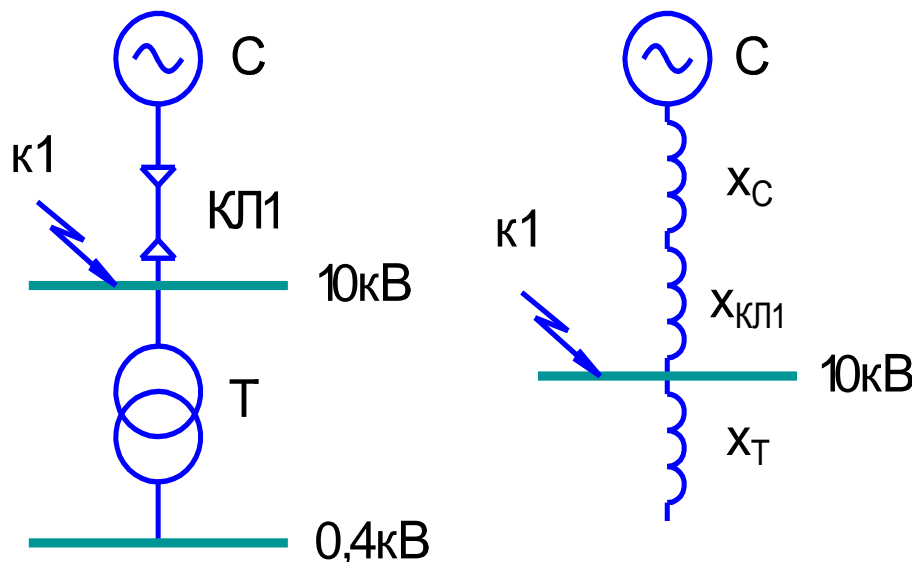


Рисунок 10 – Схема расчётная и схема замещения

Проводим расчёт ток, протекающий от системы до трансформатора ТМГ-400. Воспользуемся следующей формуле (24):

$$I = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} \quad (24)$$

$$I = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 22 \text{ А}$$

Возьмём кабели с алюминиевыми жилами. Следовательно, по выше рассчитанным данным,  $T_{max}=3500$ ч, получаем экономическую плотность тока  $J=1,1$  А/мм<sup>2</sup>. Для расчёта сечения, воспользуемся следующей формулой:

$$s = \frac{I}{J} \quad (25)$$

$$s = \frac{22}{1,1} = 20 \text{ мм}^2$$

Далее округляем до ближайшего сечения до 25 мм<sup>2</sup>. Допустимый длительный ток для кабеля 3x25мм<sup>2</sup> по таблице 1.3.16[11] получаем 90 А (при работе одного трансформатора  $I=27$  А).

Сопротивления кабельных линии рассчитаем по формуле[12]:

$$r_{KL1} = \frac{\rho_{ал} \cdot l_{KL1}}{s} \quad (26)$$

$$r_{KL1} = \frac{0,0315 \cdot 3000}{25} = 3,78 \text{ Ом}$$

$$x_{KL1} = (0,11451 \lg \frac{2^3 \sqrt{D_{12} D_{23} D_{31}}}{d} + 0,016) \cdot l_{KL1} \quad (27)$$

$$x_{KL1} = (0,11451 \lg \frac{2^3 \sqrt{100 \cdot 100 \cdot 200}}{\sqrt{\frac{4 \cdot 25}{3,14}}} + 0,016) \cdot 3000 = 0,615 \text{ Ом}$$

Переведём сопротивление высокого напряжения к ступени низкого напряжения и получим:  $r_{KL1}=5,486$  мОм,  $x_{KL1}=0,892$  мОм.

Рассчитаем сопротивление кабельной линии в относительных единицах:

$$x_{бкл} = x_{KL1} \frac{S_6}{U_{ВН}^2} \quad (28)$$

$$x_{\text{бкл}} = 0,615 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 5,576 \text{ о.е.}$$

Определим сопротивление системы в относительных единицах по выражению:

$$x_{\text{бс}} = \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{с}}} \quad (29)$$

$$x_{\text{бс}} = \frac{1000}{500} = 2 \text{ о.е.}$$

Рассчитаем итоговое сопротивление до точки К1 по формуле:

$$x_{\text{брез}} = x_{\text{бс}} + x_{\text{бкл}} \quad (30)$$

$$x_{\text{брез}} = 2 + 5,588 = 7,588 \text{ о.е.}$$

Определим базисный ток по формуле:

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3}U_{\text{б}}} \quad (31)$$

$$I_{\text{б}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,986 \text{ кА}$$

Рассчитаем начальное действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания:

$$I_{n0} = \frac{E_{\text{б}}}{x_{\text{брез}}} \cdot I_{\text{б}} \quad (32)$$

$$I_{n0} = \frac{1}{20,588} \cdot 54,986 = 2,671 \text{ кА}$$

По таблице 3 ГОСТ Р 52719-2007 получаем  $K_{\text{уд}}=1,4$ , а по следующей формуле (33) рассчитаем ударный ток:

$$i_{уд} = \sqrt{2}I_{n0} \cdot K_{уд} \quad (33)$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 7257 \cdot 1,4 = 14369 \text{ А}$$

В результате расчётов получаем ударный ток  $i_{уд}=14369,13 \text{ А}$ .

Последующее нужно провести расчёты токов короткого замыкания на стороне ниже 1 кВ.

#### **4.2 Расчёт токов короткого замыкания ниже 1 кВ**

На стороне ниже 1 кВ для расчёта тока короткого замыкания нужно учитывать активные сопротивления элементов системы электроснабжения кроме индуктивных сопротивлений. На стороне ниже 1кВ выберем расчётные точки КЗ К2, К3, К4. Обозначим эти точки на расчётной схеме тока коротких замыкание и схеме замещения, показанные на рисунке 11.

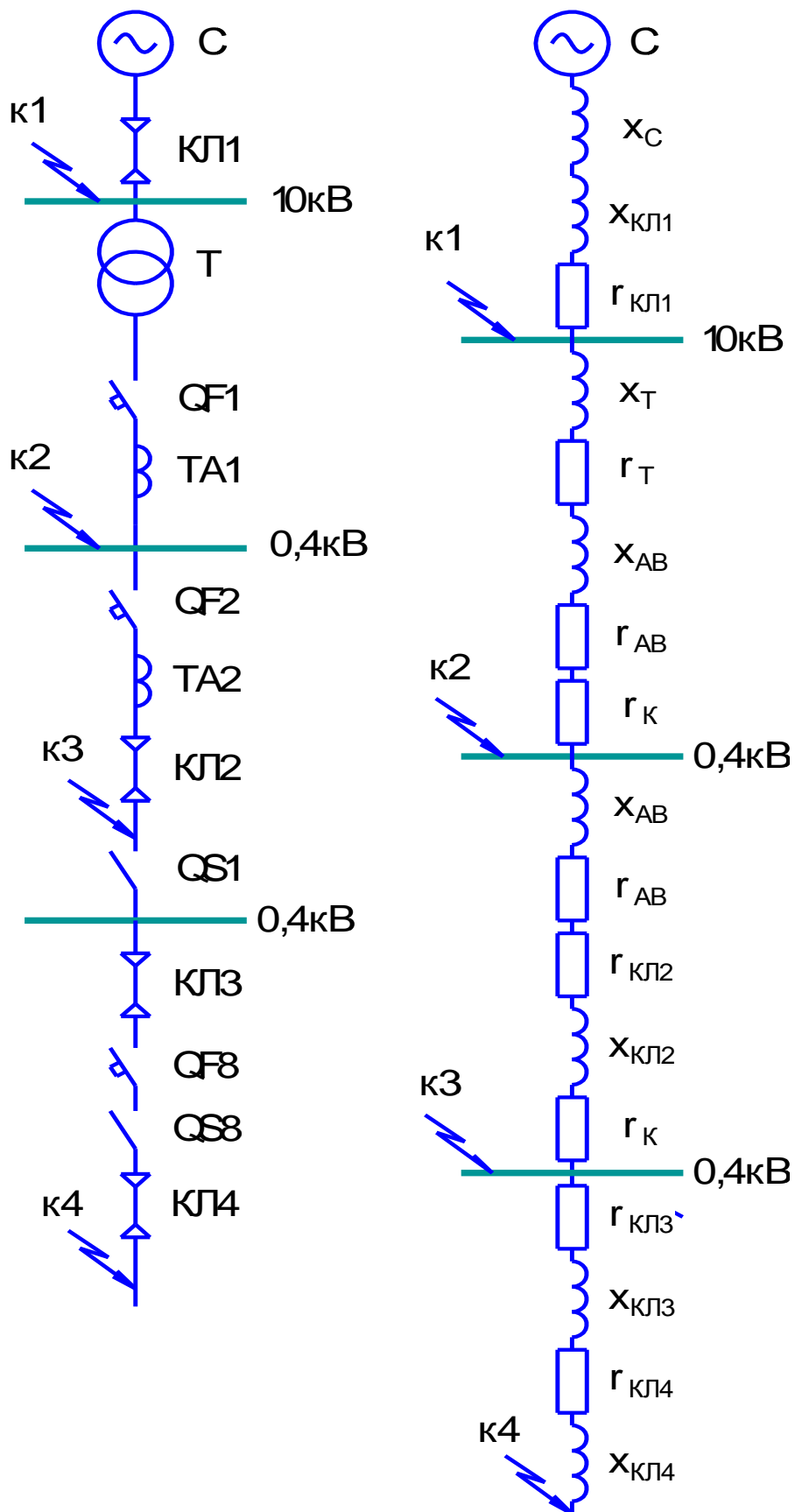


Рисунок 11 –Схема расчётная и схема замещения



Расчётная точка К2 выбрана на шинах ТП 10/0,4 кВ со стороны 0,4 кВ.

Проводим расчёт тока короткого замыкания КЗ по методике, указанной в ГОСТ-28249-93 [13].

По формуле(24)проводимрасчёт номинального тока:

$$I = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 577 \text{ A}$$

Возьмём из ГОСТ-28249-93 [13]предполагаемая сопротивления катушки и контакты автоматических выключателей равныпринимаем равнымир<sub>кв</sub>=0,41 мОм, x<sub>кв</sub>=0,13 мОм. Согласно данным по ГОСТ п.2.7 активным и индуктивным сопротивлением трансформатора тока можно пренебрегать.Принимаем активное сопротивление контактов равным r<sub>к</sub>=0,1 мОм.Принимаем сопротивление автоматического выключателя равным r<sub>ав</sub>=0,41 мОм, x<sub>ав</sub>=0,13 мОм.

Производим расчёт сопротивление системы по формуле:

$$x_c = \frac{U_{\text{нн}}^2}{S_c} \quad (34)$$

Отсюда получаем:

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

Сопротивления трансформатора ТМГ-400 рассчитаем по формуле:

$$r_T = \frac{P_{\text{кном}} \cdot U_{\text{ннном}}^2}{S_{\text{тном}}^2} \cdot 10^6 \quad (35)$$

$$x_T = \sqrt{u_K^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{\text{кном}}}{S_{\text{тном}}}\right)^2} \cdot \frac{U_{\text{ннном}}^2}{S_{\text{тном}}} \cdot 10^4 \quad (36)$$

Далее получаем:

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

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

Далее производим расчёт общего сопротивления на примере точки К2:

$$r_1 = r_{\text{КЛ1}} + r_T + r_{\text{к}} + r_{\text{ав}} + r_{\text{тт}} \quad (37)$$

$$x_1 = x_{\text{КЛ1}} + x_T + x_{\text{ав}} + x_{\text{тт}} + x_{\text{с}} \quad (38)$$

Далее получаем:

$$r_1 = 5,48 + 6 + 0,1 + 0,41 + 0 = 11,99 \text{ мОм}$$

$$x_1 = 0,89 + 4,5 + 0,13 + 0 + 0,32 = 5,84 \text{ мОм}$$

Производим расчёт начального действующее значение периодической составляющей трёхфазного тока КЗ без учёта подпитки от электродвигателей по формуле (39):

$$I_{n0} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3 \cdot (r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2)}} \quad (39)$$

Далее получаем:

$$I_{n0} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 10^{-6} \cdot (19,11^2 + 6,99^2)}} = 17310 \text{ А}$$

По аналогии расчёта ТКЗопределим токи остальных точек короткого замыкания и занесём в таблицу 6.

Определим угол сдвига по фазе напряжения или ЭДС источника и периодической составляющей тока КЗ:

$$\varphi_{\text{к}} = \arctg\left(\frac{x_1}{r_1}\right) \quad (40)$$

$$\varphi_{\text{к}} = \arctg\left(\frac{6,99}{19,11}\right) = 0,453$$

Производим расчёт начальное времякороткое замыкание довозникновение ударного тока по формуле (41):

$$t_{уд} = 0,01 \cdot \frac{\frac{\pi}{2} + \varphi_k}{\pi} \quad (41)$$

$$t_{уд} = 0,01 \cdot \frac{\frac{3,14}{2} + 0,085}{3,14} = 6,44 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

Определим постоянное время затухания аperiodической составляющей тока КЗ по выражению:

$$T_a = \frac{x}{r \cdot \omega_c} \quad (42)$$

где  $\omega_c$  – синхронная угловая частота напряжения сети, рад/с.

$$T_a = \frac{6,99}{19,11 \cdot 314} = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

Рассчитаем ударный коэффициент по формуле:

$$K_{уд} = \left( 1 + \sin \varphi_k \cdot e^{-\frac{t_{уд}}{T_a}} \right) \quad (43)$$

$$K_{уд} = \left( 1 + \sin(0,351) \cdot 2,71^{\frac{-6,443 \cdot 10^{-3}}{1,55 \cdot 10^{-3}}} \right) = 1,007$$

Производим расчёт ударного тока по формуле (33):

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 11350 \cdot 1,344 = 24650 \text{ А}$$

Расчёткороткого замыкания:

$$r_1 = r_{кЛ1} + r_T + 2r_k + 2r_{ав} + r_{тТ} + 4r_{кЛ2}$$

$$x_1 = x_{кЛ1} + x_T + 2x_{ав} + x_{тТ} + x_C + 4x_{кЛ2}$$

$$r_1 = 5,48 + 6 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,41 + 0 + 4 \cdot 0,21 = 13,34 \text{ мОм}$$

$$x_1 = 0,89 + 4,5 + 2 \cdot 0,13 + 0 + 0,32 + 4 \cdot 0,16 = 6,61 \text{ мОм}$$

$$I_{n0} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 10^{-6} \cdot (19,11^2 + 6,99^2)}} = 15500 \text{ А}$$

$$\varphi_K = \arctg\left(\frac{6,99}{19,11}\right) = 0,46$$

$$t_{уд} = 0,01 \cdot \frac{\frac{3,14}{2} + 0,085}{3,14} = 6,465 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

$$T_a = \frac{6,999}{19,11 \cdot 3,14} = 1,577 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

$$K_{уд} = \left(1 + \sin(0,351) \cdot 2,71^{\frac{-6,443 \cdot 10^{-3}}{1,55 \cdot 10^{-3}}}\right) = 1,007$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 11350 \cdot 1,344 = 22090 \text{ А}$$

Производим расчёт точки К4 по аналогии с предыдущими расчётами.

Таблица 6 – Результаты расчётов тока короткого замыкания

№	$U_{срном}$ , кВ	$r$ , мОм	$x$ , мОм	$\varphi$	$T_{a3} \cdot 10^{-3}$ с	$I_{n0}$ , кА	$K_{уд}$	$i_{уд}$ , кА
К1	10,5	-	-	-	-	7,25	1,4	14,3
К2	0,4	11,9	5,8	0,4	1,5	17,3	1,007	24,6
К3	0,4	13,3	6,6	0,4	1,5	15,5	1,007	22,09
К4	0,4	14,8	6,7	0,4	1,4	0,2	1,005	0,37

Определён ток короткого замыкания на стороне выше 1 кВ и ниже 1 кВ, затем составили схему расчётную и схему замещения. Далее производили расчёт в 4 точках по аналогии с предыдущими расчётами.

## 5 Выбор оборудования

### 5.1 Расчёт и выбор автоматических выключателей

Определим ток термической стойкости для точки К2 по следующим выражениям:

$$B_K = (I_{n0})^2 (T_a + t_{пво}) \quad (44)$$

$$B_K = 17,31^2 \cdot (1,55 + 30) \cdot 10^{-3} = 9,58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Определим время действия релейной защиты по выражению:

$$\tau = t_{рз} + t_{сво} \quad (45)$$

где  $t_{рз}$  – время срабатывания релейной защиты с;

$t_{сво}$  – время срабатывания выключателя на отключение, с.

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

Далее рассчитываем максимальное значение аperiodической составляющей тока короткое замыкание по выражению:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{n0} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} \quad (46)$$

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot 17,31 \cdot 2,72^{\frac{-0,05}{1,55}} = 23,70 \text{ кА}$$

Затем определим номинальное значение аperiodической составляющей:

$$i_{a\text{ном}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ном.откл}} \cdot (1 + e^{-22,5\tau}) \quad (47)$$

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

$$i_{a.ном} = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 2,72^{-22,5 \cdot 0,05}) = 37,46 \text{ кА}$$

Таблица 7 – Расчётные и каталожные параметры выключателя [14]

Расчётные данные	Каталожные данные
$U_{ном}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{сет.ном}=0,4 \text{ кВ}$
$I_{max}=577,35 \text{ А}$	$I_{ном}=630 \text{ А}$
$I_{н0}=17,31 \text{ кА}$	$I_{ном.откл}=20 \text{ кА}$
$i_{\alpha\tau}=23,70 \text{ кА}$	$i_{a.ном}=37,46 \text{ кА}$
$i_{y\partial}=24,65 \text{ кА}$	$i_{прс}=25 \text{ кА}$
$B_K=9,58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{K\delta}=10 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

## 5.2 Расчёт и выбор трансформаторов тока

Теперь проверим трансформатор тока по следующим данным:

1) Номинальное напряжение:

$$- (U_{номq} \leq U_{сет.номq});$$

2) Номинальный рабочий ток:

$$- (I_{номq} \leq I_{ном1q});$$

3) Электродинамическая стойкость:

$$- (i_{y\partial q} \leq I_{эдн});$$

4) Термическая стойкость:

$$- (B_{кq} \leq B_{крq});$$

5) Конструкция и класс точности;

6) Вторичная нагрузка;

$$- (Z_2 \leq Z_{ном2}).$$

Таблица 8 – Расчётные и каталожные данные для ТШЛ-СЭЩ-0,66-02

Расчётные данные	Каталожные данные
$U_{ном}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{сет.ном}=0,66 \text{ кВ}$
$I_{max}=577,35 \text{ А}$	$I_{ном}=600 \text{ А}$

$i_{y0}=24,65\text{кА}$	$i_{нрс}=50\text{кА}$
$B_K=9,58\text{кА}^2\cdot\text{с}$	$B_{K8}=30\text{кА}^2\cdot\text{с}$

В качестве трансформатора тока на комплектных трансформаторных подстанции установлены ТШЛ-СЭЩ-0,66-02 с характеристиками, показанные в таблице 9.

Таблица 9 – Характеристика ТШЛ-СЭЩ-0,66-02

Обозначение параметра	Значение параметра
Ном. первичный ток, А	600
Наиб. раб. первичный ток, А	630
Ном. вторичный ток, А	5
Ном. вторичная нагрузка, При $\cos\varphi=0,8$ ВА	20
Класс точности	0,2

Построим таблицу вторичной нагрузки трансформатора тока ТШЛ-СЭЩ-0,66-02.

Таблица 10 – Вторичная нагрузка трансформатора тока ТШЛ-СЭЩ-0,66-02

Прибор	Тип	Нагрузка, ВА, фазы		
		А	В	С
Амперметр	Э-335	0,50	-	-
Ваттметр	Д-335	0,50	-	0,50
Варметр				
Счётчики активной энергии	САЗ-И670	2,50	-	-
Итого		3,50	-	0,50

По таблице 10 наибольшая нагрузка приходится на трансформатор фазы А. Общее сопротивление приборов фазы А:

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_{\text{ном2}}^2} \quad (48)$$

где  $S_{\text{приб}}$  – мощность, потребляемая приборами, ВА;

$I_{\text{ном2}}$  – вторичный ток трансформатора тока.

Далее получаем:

$$R_{\text{приб}} = \frac{3,5}{5^2} = 0,14 \text{ Ом.}$$

Теперь рассчитываем номинальное полное сопротивление нагрузки по каталожным данным по выражению:

$$Z_{\text{НОМ2}} = \frac{S_{\text{НОМ2}}}{I_{\text{НОМ2}}^2} \quad (49)$$

где  $S_{\text{НОМ2}}$  – номинальная вторичная нагрузка трансформатора, выраженная через полную мощность, которая берётся из каталога, ВА;

Далее получаем:

$$Z_{\text{НОМ2}} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}$$

Производим расчёт сопротивление проводов:

$$R_{\text{пр}} = Z_{\text{НОМ2}} - R_{\text{приб}} - R_{\text{к}} \quad (50)$$

где  $R_{\text{к}}=0,1$  – переходное сопротивление контактов, Ом.

Далее получаем:

$$R_{\text{пр}} = 0,8 - 0,14 - 0,1 = 0,56 \text{ Ом.}$$

Длину проводов принимаем 0,5 м. Исходя из этого для неполной звезды получаем расчётную длину 0,87 м. Теперь проводим расчёт сечение проводов по следующей выражение:

$$S = \frac{\rho \cdot l_{\text{р}}}{R_{\text{пр}}} \quad (51)$$

где  $\rho=0,027$  – удельное сопротивление алюминиевых соединительных проводов, Ом·мм<sup>2</sup>/м.

Поставляя данные получаем:



$$S = \frac{0,027 \cdot 0,5}{0,56} = 0,024 \text{ мм}^2.$$

В итоге по расчёту сечение проводов возьмём стандартное сечение 4 мм<sup>2</sup>.

### 5.3 Расчёт и выбор разъединителей

Разъединители выбираются по следующим параметрам:

1) Номинальное напряжение:

$$- (U_{\text{ном}} \leq U_{\text{сет.ном}});$$

2) Номинальный ток:

$$- (I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}});$$

3) Электродинамическая стойкость:

$$- (i_{\text{уд}} \leq i_{\text{прс}});$$

4) Термическая стойкость:

$$- (B_{\text{к}} \leq B_{\text{кр}});$$

Поскольку  $I_{\text{ном}}=557$  А, который протекает от КТП до ВРУ-1, то выберем разъединитель на QS-1 и QS-2 на 630 А. По термической и электродинамической стойкости производим расчёт по аналогии расчёта как у автоматических выключателей:

$$B_{\text{к}} = 17,31^2 \cdot (1,55 + 30) \cdot 10^{-3} = 9,58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 577 \text{ А}$$

Другие оставшихся разъединители выберем по аналогии и представим их на схеме ВРУ-1.

Таблица 11 – Характеристики для рубильника трёхполюсного Р36

Расчётные данные	Каталожные данные
$U_{\text{ном}}=0,4$ кВ	$U_{\text{сет.ном}}=0,66$ кВ
$I_{\text{max}}=577,35$ А	$I_{\text{ном}}=630$ А
$i_{\text{уд}}=24,65$ кА	$i_{\text{прс}}=40$ кА

$$B_K=9,58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_{K\epsilon}=256 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

#### 5.4 Выбор кабелей

По номинальному току полученного значение по формуле(24)насто- роневыше 1000 Ввозьмём кабель марки АВБбШв 3х25.Это бронированный силовой кабель, использующийся для подачи электроэнергии на стационарное оборудование. Он используются для эксплуатации в сетях переменного напряжения с частотой до 50 Гц,который имеет алюминиевый токопроводящий проводник. Кабель оборудован защитным кожухом из экстрадированного ПВХ-материала, к которому добавлена вязкая клеевая смесь и битум.

Кабель АВБбШв расшифруется по названию где:

- А - означает алюминиевую токопроводящую жилу;
- В - означает использование ПВХ-пластиката для изоляции жил;
- Б - означает наличие броневое покрытие из двух стальных оцинкованных лент;
- б - означает отсутствие битумной подушки между оболочкой и броней;
- Шв - означает наличие шланга из ПВХ-пластиката.

Исходя из выше полученных расчётах, выберем по 4 кабеля для прокладки на ВРУ-1 и ВРУ-2АПвВнг(А)-LS 3х150, алюминий полиэтилен сшитый винил оболочка, которая из поливинилхлоридного пластиката нерасширяет горение.Категория по пожаробезопасности составляет А по нормам. Исполнение нг(А)-LS выбрано согласно ГОСТ 31565-2012 [15].

Далее кроме того, что кабели выдерживали, не считая нагрузок потребителей, в свою очередь и объем горючей нагрузки и сохраняли эффективность пригодности в работоспособности в условиях пожара, следовательно, согласно таблице 2 ГОСТ 31565-2012 выбираем кабели с типом исполнения нг(А)-FRHF. Для прокладки кабелей внутри помещений

выберем кабель марки ППГнг(А)-FRHF. Кабель используется для электроснабжения электрооборудования охранных систем, электропроводки систем пожарной безопасности (схемы пожарной сигнализации, питание пожарных насосов, освещение аварийных выходов и эвакуационных путей, дымовая сигнализация). Защитный шланг - из полимерной композиции, не содержит галогенов. Особенность этого кабеля в том, что наружная и внутренняя оболочка не имеет галогенов, и выполнена с заполнением наружных промежутков имеющий термический барьер. Другие кабели для прокладки внутри помещения к электроприемникам выбраны типом марки ППГнг(А)-FRHF.

Производим расчёт и выбор автомата по мощности нагрузки и сечению провода таблице 12, согласно методике [16].

Таблица 12 – Выбор кабелей и АВ на ВРУ-1 и ВРУ-2

Потребитель	Длина	$P_y$	$I_p$	$s_p, \text{мм}^2$	$s, \text{мм}^2$	АВ
1	2	3	4	5	6	7
ЩО1.1	30,0	5,80	9,10	4,33	5x6	3pC40A
ЩО1.2	40,0	5,80	9,10	4,33	5x6	3pC40A
ЩО1.3	80,0	5,20	8,16	3,88	5x4	3pC32A
ЩО2.1	50,0	7,30	11,45	5,45	5x6	B40
ЩО2.2	50,0	5,60	8,79	4,18	5x6	B40
ЩО2.3	30,0	6,10	9,58	4,57	5x6	B40
ЩО3.1	60,0	5,80	9,10	4,33	5x6	B40
ШНО	70,0	7,40	12,59	5,98	5x6	3pC40A
ЩВ1.1	30,0	16,70	26,79	12,75	5x16	3pC63A
ЩВ2.1	40,0	0,90	1,44	0,69	5x2,5	3pC25A
ЩВ3.2	80,0	24,30	38,98	18,57	5x25	3pC80A
ЩВ3.3	30,0	19,70	31,58	15,04	5x16	B63
ЩК3.2	70,0	39,50	70,38	33,52	5x35	3pC100A
ЩК2.1	60,0	6,40	11,40	5,43	5x6	B40
ЩК3.1	40,0	40,30	71,82	34,20	5x35	B100
ЩК3.3	6,0	33,60	59,87	28,51	5x35	B100
ЩР1.1	15,0	7,3	10,98	5,23	5x6	3pC40A
ЩР2.1	30,0	3,0	4,51	2,15	5x2,5	3pC25A
ЩР3.1	40,0	3,0	4,51	2,15	5x2,5	3pC25A

Продолжение таблицы 12						
1	2	3	4	5	6	7
ПД2	-	4,0	7,2	3,99	5x4	3pC32A
ПД3	-	3,0	5,4	2,99	5x4	3pC32A
ПД4	-	5,5	9,8	5,43	5x6	3pC40A
ПД5	-	3,0	5,4	2,99	5x4	3pC32A
ПД6	-	4,0	7,2	3,99	5x4	3pC32A
ПД7	-	1,5	2,6	1,44	5x2,5	3pC25A
ПД8	-	5,5	9,8	5,43	5x6	3pC40A
ПД9	-	3,0	5,4	2,99	5x4	3pC32A
ПД1 лифт	-	1,1	1,8	1,0	5x2,5	3pC25A
ПД1 ЗБ	-	4,0	6,8	3,76	5x4	3pC32A
ВД1	-	7,5	13,4	7,43	5x10	3pC50A
ВД2	-	5,5	9,8	5,43	5x6	3pC40A
ВД3	-	3,0	5,3	2,93	5x4	3pC32A
ВД4	-	7,5	13,4	7,42	5x10	3pC50A
ВД5	-	3,0	5,3	2,94	5x4	3pC32A
ВД6	-	7,5	13,4	7,42	5x10	3pC50A
ВД7	-	5,5	9,8	5,43	5x6	3pC40A
ВД8	-	3,0	5,3	2,93	5x4	3pC32A
ВД9	-	3,0	5,3	2,93	5x4	3pC32A
ВД10	-	5,5	9,80	5,43	5x6	3pC40A
ВД11	-	5,5	9,80	5,43	5x6	3pC40A
ЩАО1.1	15,0	2,4	9,80	4,91	5x6	3pC40A
ЩАО2.1	30,0	0,7	1,10	0,55	5x2,5	3pC25A
ЩАО3.1	40,0	1,1	1,70	0,85	5x2,5	3pC25A
ШУЛ1	74,0	9,5	22,20	16,26	5x25	3pC80A
ШУЛ2	72,0	9,5	22,20	16,26	5x25	3pC80A
ШУЛ3	62,0	9,5	22,20	16,26	5x25	3pC80A
ШУЛ4	63,0	9,5	22,20	16,26	5x25	3pC80A
ЩРСерв	77,0	3,0	4,33	2,17	5x2,5	3pC25A
ЩПС	30,0	2,0	9,50	4,76	3x6	3pC40A
ЩОС	30,0	2,0	9,50	4,76	3x6	3pC40A
КНС	10,0	11,0	20,80	12,38	5x15	3pC63A
БУ-Оч.Волна	10,0	3,0	17,50	10,42	3x15	3pC63A
Насос ХВС	40,0	0,37	0,62	0,32	3x2,5	3pC25A
ИТП	40,0	5,0	8,20	4,11	5x6	3pC40A
ШСН-1	10,0	2,1	4,90	2,92	5x4	3pC32A

ШСН-2	140,0	3,1	4,90	2,46	5x2,5	3pC25A
-------	-------	-----	------	------	-------	--------

Проверены и выбраны автоматические выключатели, трансформатор тока, разъединители и последним расчётом выбраны проверены кабели. Производили расчёт и выбор автомата по мощности нагрузки и сечению провода, выбраны кабели и АВ на ВРУ-1 и ВРУ-2 которые представлены в таблице 12.

## 6 Расчёт сопротивления заземляющего устройства и молниезащита

Рассчитаем сопротивление вертикального электрода:

$$R_{\text{верт}} = \frac{\rho_{\text{экв}}}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4T+L}{4T-L} \right) \quad (52)$$

где  $\rho$  – эквивалентное удельное сопротивление слоя грунта, Ом·м;

$L$  – длина вертикального заземлителя электрода, м;

$d$  – диаметр стержня вертикального электрода, м;

$T$  – заглубление расстояние от поверхности земли до заземлителя,

м.

$$R_{\text{верт}} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,018} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 32,8 \text{ Ом}$$

Далее производим расчёт сопротивление горизонтального электрода по формуле:

$$R_{\text{гор}} = \frac{\rho}{2\pi L_{\text{гор}}} \cdot \ln \frac{2L_{\text{гор}}^2}{bh}, \quad (53)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление слоя грунта, Ом·м;

$b$  – ширина стальной полосы, м;

$h$  – глубина заложения горизонтальной сетки, м;

$L_{\text{гор}}$  – длина горизонтального электрода, м.

$$R_{\text{гор}} = \frac{100}{2\pi \cdot 336} \cdot \ln \frac{2 \cdot 336^2}{0,05 \cdot 0,5} = 0,76 \text{ Ом}$$

Затем определим полное сопротивление заземляющего устройства по выражению:

$$R_{\text{зв}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\frac{K_{\text{исп}} n_i}{R_i}} \quad (54)$$

где  $n$  – число заземлителей комплектов;

$k_{исп}$  – коэффициент использования.

$$R_{з\text{у}} = \frac{1}{\frac{25 \cdot 0,69}{32,8} + \frac{1 \cdot 0,69}{0,76}} = 0,7 \text{ Ом}$$

Отсюда получаем расчётное сопротивление заземляющего устройства составляет 0,7 Ом.

Тип системы заземления на вводе в здание – TN-C-S.

Тип системы заземления в распределительных и групповых сетях TN-S. PEN проводник разделяется на N и PE выполнено в щите ВРУ.

где N – нулевой рабочий проводник;

PE – защитный проводник.

Все не проводящие токи металлические части электрооборудования детали (защитная рама, стальная проволочная проводка, металлический кабельный лоток и т.д. должно быть заземлено металлическим соединением с заземляющим проводом сети).

В качестве защитных проводников используются жилы многожильных кабелей (PEN и PE-проводники кабелей, которые питаются в распределительном сети).

В технических помещениях (тепловые пункты, отделка, электрощиты, лифтовые шахты) защитный контур заземления из металлической полосы размещается на высоте 400 мм от уровня пола. Контур заземления соединяется к главному заземляющему шину тех-щита поперечным сечением 25 кв. мм. остальная часть помещения соединяется с внешним контуром заземления помещения заготовочного контура, а стальная полоса 5x40 присоединяется к контуру заземления.

В соответствии с «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122-2003 здание торгового объекта относится к стандартным объектам по опасности ударов молнии для самого объекта и его окружения (к III категории по устройству

молниезащиты). Вид кровля торгового здания плоская. В качестве молниеприемника применить молниеприемную сетку из полосовой стали 25x4, расположенной на кровле. Молниеприемную сетку уложить под слоем несгораемого утеплителя и гидроизоляции. Шаг ячеек сетки не должен превышать 10x10 м (СП 31.110-2003 [1], таблица 3.8). Узлы сетки соединить сваркой. По краю крыши будут проходить стальные полосы сетки.

Сетка для молния-приёмника всегда должна создаваться так, чтобы имел по крайней мере два различных пути к заземляющему электроду. Ни одна металлическая часть не должна выступать за внешний контур сетки. Металлические элементы, выступающие над крышей (трубы, вентиляционные коробки, антенны, знаки и т. Д.), Должны быть подключены к металлическим воздушным клеммам.

Выполнить сетку для молния-приёмника таким образом, чтобы ток молнии имел всегда, по крайней мере, два различных пути к заземлителю. Никакие металлические части не должны выступать за внешние контуры сетки. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, венткороба, антенны, рекламные щиты и т.д.) нужно присоединить к металлической молниеприемной сетке.

Токоотводы от молниеприемной сетки до наружного контура заземления выполнить из полосовой стали 5x20 мм и проложить равномерно по периметру наружных стен под фасадом с шагом не более 20 м. Рекомендуется размещать токоотводы на максимально возможных расстояниях от дверей и окон. Токоотводы прокладываются по прямым вертикальным линиям, так чтобы путь до земли был по возможности кратчайшим. В качестве заземляющего устройства используются искусственные заземлители: вертикальный (сталь круглая диаметром 18 мм, длина 3 м) и горизонтальный (полоса стальная 5x40 мм).

Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом.



Совокупность мероприятий по выполнению требований к внешнему заземляющему оборудованию торгового центра представлен следующими решениями:

- В участке отпусков токоотводов, выполняется установка 25 электродов заземления длиной 3м, диаметром 18мм;
- Расстояние между электродами не более 20м. Электроды соединяются с объектом стальной полосой 5х40мм;
- Глубина заложения полосы 0.5-0.7 м.

Расчитано сопротивление вертикального и горизонтального электрода заземляющего устройства и молниезащита. Затем определили полное сопротивление заземляющего устройства и тип системы заземления в распределительных и групповых сетях. Выполнено токоотводы от сетки для молния-приёмника.

## 7 Расчёт отопления и вентиляции

Максимальный годовой расход теплоты на отопление:

$$Q_{\text{год}}^{\circ} = 0,024g_0V(t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}})z \quad (55)$$

где –  $g_0$  – удельная отопительная характеристика здания, кВт/(м<sup>3</sup>·°С);

$t_{\text{вн}}$  – внутренняя расчетная температура внутри помещения (определена усреднено исходя из ГОСТ 30494-2011);

$t_{\text{нар}}$  – расчетная температура наружного воздуха (принимается – 27°С);

$z$  – продолжительность отапливаемого периода сут/год.

Рассчитаем удельную отопительную характеристику здания по выражению:

$$g_0 = \frac{a\omega}{\sqrt[6]{V}} \quad (56)$$

где –  $a$  – постоянный коэффициент, зависящий от типа строительства;

$\omega$  – коэффициент, учитывающий отличие температуры наружного климатические условия.

$$g_0 = \frac{2,4 \cdot 1,08}{\sqrt[6]{96000}} = 0,38 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{С})$$

Отсюда получаем:

$$Q_{\text{год}}^{\circ} = 0,024 \cdot 0,37 \cdot 96000 \cdot (20 + 27) \cdot 140 = 5609,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$$

Максимальный годовой расход теплоты на вентиляцию:

$$Q_{\text{год}}^{\text{в}} = g_{\text{в}}V(t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}})z \quad (57)$$

где  $g_v$  – удельная вентиляционная характеристика здания (по справочным данным или расчёту), кВт/(м<sup>3</sup>·°С);

$V$  – объем здания (корпуса) по наружным размерам, м<sup>3</sup>;

$t_{вн}$  – температура внутри помещения принимается по СНиП 2.04.05-91 [19] в зависимости от функционального назначения здания (корпуса), °С;

$z$  – продолжительность отопляемого периода сут/год.

По данному СНиПу  $t_{нар}$  для расчёта системы отопления и вентиляции принимается одного и того же значения.

Определим удельную вентиляционную характеристику объекта по формуле, используя СП 50.13330.2012 [20]:

$$g_v = 0,28 c n_v \beta \rho_v^{вент} (1 - k_{эф}) \quad (58)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

$\beta$  – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций;

$\rho_v^{вент}$  – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м<sup>3</sup>;

$k_{эф}$  – коэффициент эффективности рекуператора;

$n_v$  – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч<sup>-1</sup>.

$$g_v = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,439 \cdot 0,85 \cdot 1,31 \cdot (1 - 0) = 0,137 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°С})$$

Далее получаем:

$$Q_{год}^в = 0,024 \cdot 0,137 \cdot 96000 \cdot 47 \cdot 140 = 2076,96 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$$

Итоговая теплотери здания за отопительный период составляют 7686,3 кВт·ч/год.

Для управления электродвигателями вентиляторов общеобменной (вытяжной) вентиляции [21] предусматриваются ящики управления, которые устанавливаются в венткамерах и обслуживаемых помещениях, либо через пускатели в щитах вентиляции. Управление электродвигателями: местное – кнопками управления по месту; автоматическое или дистанционное из помещения охраны.

Для вытяжной вентиляции, тепловых завес проектом предусматривается их автоматическое отключение при возникновении пожара с использованием независимого расцепителя и автоматического выключателя на вводе щита вентиляции.

В приточных системах при пожаре отключаются вентиляторы, насосы отопительной воды в этих установках отключению не подлежат.

Защита отходящих распределительных и групповых линий от токов к.з. предусматривается автоматическими выключателями.

Рассчитан максимальный годовой расход теплоты на отопление и вентиляцию, далее определили удельную вентиляционную характеристику, исходя по итогам расчёта на шлитеплопотери здания за отопительный период.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная выпускная квалификационная работа полностью спроектирована электрохозяйства торгового центра. Приведена структура электрохозяйства комплекса, где расположен рассматриваемое здание. Порядок расчёта проведён по методике [22].

Для начала рассчитана полная электрическая нагрузка торгового объекта. Далее все электроприемники разделены на соответствующие группы, подключённые к щитам. К данным щитам произведены расчёты и выбраны по условию подходящие кабели и автоматы, приведённые в таблице 12.

Затем по рассчитанным нагрузкам выбран КУ на ВН стороне под названием УКРМ. Для регулирования компенсируемую мощность и повышение коэффициента мощности и для техно – экономичного затрата торгового объекта.

После получения результирующие нагрузки, выбор числа и мощность распределительных трансформаторов с учетом категории надёжности по экономического затрата для данного общественного объекта. Для получения распределения электроэнергии на территории торгового центра принята комплектная трансформаторная подстанция КТП киоскового типа – 10/0,4кВ с двумя трансформаторами ТМГ-400. Выбранный трансформатор имеет простую архитектуру и устройство, простое и малозатратное в обслуживании имеет повешенный срок службы.

Далее произведены расчёт токов короткого замыкания. Этот пункт считается самым необходимым, так как это зависит по электробезопасности и пожарной безопасности в торговых объектах. Выбранное электрооборудование прилагается в разделе 5, “Выбор

оборудование”. Автоматические выключателей, установленных на подстанциях, трансформаторов тока, расчёт разъединителей, кабелей и соответствующих выключателей проверены и выбраны для каждого распределительного щита, к которому подключён электроприёмник.

В данном разделе рассчитан заземления и молниезащита. С задачей удешевления оптимальной по безопасности, но финансово емкой системы с разделёнными нулевыми проводниками приняли решение тип заземления на вводе в здание TN-C-S.

Последний этап производили расчёт отопления и вентиляции общественного здания. Для удаления возникающих при пожаре газов и отвода тепла за торговым центром с целью по спасению людей и имущества выбраны дымоудаление вентиляторы и противодымная вентиляция которые рассчитаны в пункте 7.

По итогу достижение выпускной квалификационной работы спроектирована электрохозяйства торгового центра, которая соответствует требованиям надёжности электроснабжения потребителей, а также отвечает всем нормативным требованиям удовлетворяет всем нормативным актам.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РФ. Госстрой России. СПЗ1-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий: утв. приказом №194 от 26.10.2013. М., 2003. 55 с.
2. РФ. Стандартиформ. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий: утв. приказом №1364-ст от 08.11.2013. М., 2013. 20 с.
3. Gonen T. Electric Power Distribution System Engineering, 2nd Edition. Boca Raton: CRC Press, 2007. 856 p.
4. Sheldrake A.L. Handbook of Electrical Engineering. Hoboken: Wiley, 2003. P. 131.
5. Winders J.J. Power Transformers: Principles and Applications. New York: Marcel Dekker, 2002. 286 p.
6. Brown R.E. Electric Power Distribution Reliability (Power Engineering (Willis)), 2nd Edition. Boca Raton: CRC Press, 2008. 504 p.
7. РФ. Энергоатомиздат. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей: утв. приказом №213 от 07.07.1994. М., 1994, 49 с.
8. Компенсация реактивной мощности: расчет мощности и выбор ступени регулирования конденсаторной батареи [Электронный ресурс]. Дата обновления: 22.04.2020. URL: <http://blog.avralsoft.ru/kompensatsiya-reaktivnoy-moshhnosti-raschet-moshhnosti-i-vyibor-stupeni-regulirovaniya-kondensatornoy-batarei.html> (дата обращения: 22.04.2020).
9. Приказ Министерства промышленности и энергетики РФ от 23 июня 2015 г. № 380 «О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих

устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии».

10. РФ. Стандартинформ. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия: утв. приказом №60-ст от 09.04.2007. М., 2007. 45 с.

11. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. Л.Л. Жданова, Н. В. Ольшанская. М.: НЦ ЭНАС, 2013. 104 с.

12. Активные и индуктивные сопротивления линии [Электронный ресурс]. Дата обновления: 22.04.2020. URL:

[https://www.websor.ru/aktivnj\\_i\\_induktivnje\\_soprotivleniya.html](https://www.websor.ru/aktivnj_i_induktivnje_soprotivleniya.html) (дата обращения: 22.04.2020).

13. РФ. Издательство стандартов. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением ниже 1 кВ: утв. приказом от 21.10.1993. М., 1994. 66 с.

14. ЗАО Группа компаний Электрощит ТМ – Самара [Электронный ресурс]. URL: <http://electroshield.ru/> (дата обращения: 16.04.2020).

15. РФ. Стандартинформ. ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности: утв. приказом №1097-ст от 22.11.2012. М., 2012. 12 с.

16. Выбор автомата по мощности нагрузки и сечению провода [Электронный ресурс]. Дата обновления: 22.04.2020. URL:

<https://volgaproekt.ru/stati/vybor-avtomata-po-moshchnosti-nagruzki.html> (дата обращения: 22.04.2020).

17. РФ. Минэнерго России. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций: утв. приказом №280 от 30.06.2003. М., 2003. 29 с.

18. РФ. Стандартинформ. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: утв. приказом №191-ст от 12.07.2012. М., 2011. 15 с.



19. РФ. Госстрой России. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляции и кондиционирование: утв. приказом №18-11 от 15.05.1997. М., 1999. 71 с.

20. РФ. Минрегион России. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий: утв. приказом №265 от 30.06.2012. М., 2012. 139 с.

21. Hughes A., Drury B. Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications, 4th Edition. London:Newnes, 2013. 440 p.