

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Реконструкция электроснабжения медицинского центра ООО «Профлидер»

Обучающийся

А.В. Кривцов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент С.В. Шаповалов

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

Тольятти 2022

## Аннотация

В данной выпускной квалификационной работе на тему «Реконструкция электроснабжения медицинского центра ООО «Профлидер» излагается разработка проекта реконструкции системы электроснабжения медицинского центра.

Основной задачей работы выступает – разработка проекта реконструкции системы электроснабжения медицинского центра «Профлидер».

Для этого целесообразно реализовать перечень задач:

- выполнить анализ существующей системы электроснабжения;
- сделать вычисление силовых электрических нагрузок;
- провести вычисление силовых трансформаторов и компенсации реактивной мощности;
- осуществить вычисление токов КЗ;
- подобрать необходимое оснащение в трансформаторной подстанции и кабельные линии;
- реализовать вычисление релейной защиты;
- осуществить вычисление контура заземления.

Данная работа изложена на 47 листах, графическая часть имеет 6 рисунков (чертежей), список использованных источников включает в себя 30 наименований.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных по электроснабжению медицинского центра.....	5
2 Расчет системы электроснабжения медицинского центра .....	8
2.1 Выбор схемы электроснабжения медицинского центра.....	8
2.2 Расчет электрических нагрузок медицинского центра .....	8
2.3 Выбор и расчет числа и мощности трансформаторов подстанции медицинского центра .....	20
2.4 Расчет токов короткого замыкания .....	20
2.5 Выбор и расчет электрических аппаратов и проводников .....	28
2.6 Выбор основного электрооборудования и его проверка .....	30
2.7 Выбор устройств релейной защиты .....	35
3 Расчет контура заземления медицинского центра .....	40
Заключение .....	43
Список используемой литературы .....	45

## Введение

Развитие механизации и автоматизации, а также рост числа и мощности электрооборудования приводят к постоянному увеличению потребления электроэнергии.

Существование какой-либо сферы человеческой деятельности невозможно представить без использования электроэнергии.

Особое внимание стоит уделить деятельности медицинских центров, которые потребляют существенное количество энергетических ресурсов и задействует обширное количество электроэнергии и автоматизации технологических процессов.

Одним из таких центров является «Профлидер», который состоит из 14 помещений различной медицинской направленности. Ведущим помещением является кабинет электрохозяйства, где расположено основное оборудование: автоматические выключатели, дифференциальные автоматы, ограничитель импульсного перенапряжения, переключатель перекидной, контакторы, аварийные светильники, вольтметры, выключатели-разъединители (Пвр), дизель-генератор, установка компенсации реактивной мощности, реле времени, датчик движения, датчик температуры выносной, программируемый логический контроллер, реле импульсного освещения.

Основная задача электрификации – это бесперебойная работа электроснабжения, так как для медицинских учреждений перебой электроснабжении категорически недопустим.

В больницах и медицинских центрах одним из самых важных ресурсов является электроэнергия. Оборудование с каждым годом все совершенствуется и усложняется, это приводит к существенным требованиям относительно качества электроэнергии.

Таким образом, тема проектирования системы электроснабжения медицинского центра «Профлидер» является довольно актуальной.

## 1 Анализ исходных данных по электроснабжению медицинского центра

Система застройки – рассредоточенная, участки отдельных производственных процессов располагаются в отдельных корпусах. В процессе проектирования были соблюдены минимальные противопожарные и санитарные разрывы.

Здание №1-4 – Корпуса медицинского центра. Потребителями энергии выступают: освещение, вентиляция и различного типа офисная и бытовая техника, серверное оборудование. Напряжение питания электроприёмников переменное 380 В. Режим работы ПР. Категория бесперебойности электроснабжения I и III.

Здание №5 – Стоянка автомобилей. Напряжение питания 380 В. Режим работы большинства электроприёмников ПКР. Категория бесперебойности электропитания III.

Генеральный план медицинского центра приведен на рисунке 1.

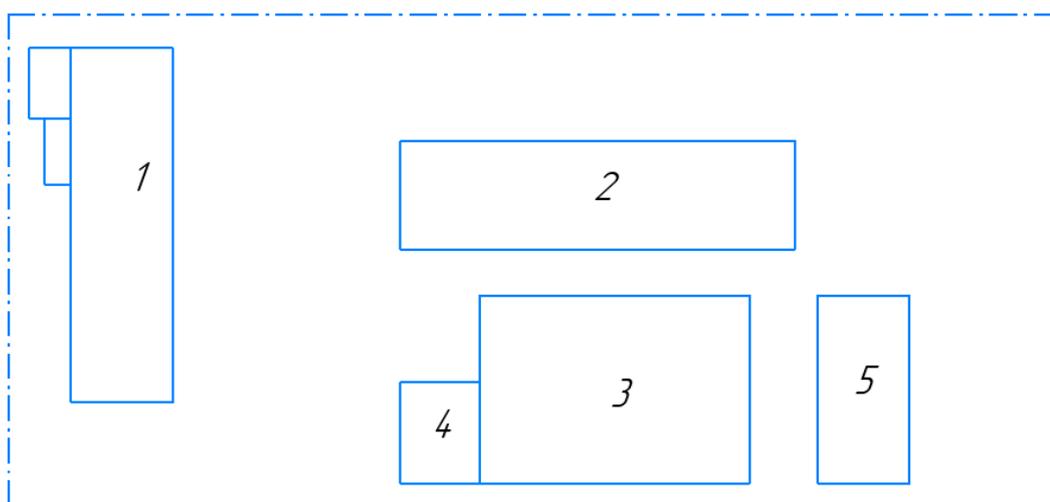


Рисунок 1 – Генеральный план медицинского центра «Профлидер»

Электроснабжение медицинского центра осуществляется от однотрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ мощностью 630 кВт.

Существующая схема электроснабжения отражена на рисунке 2.

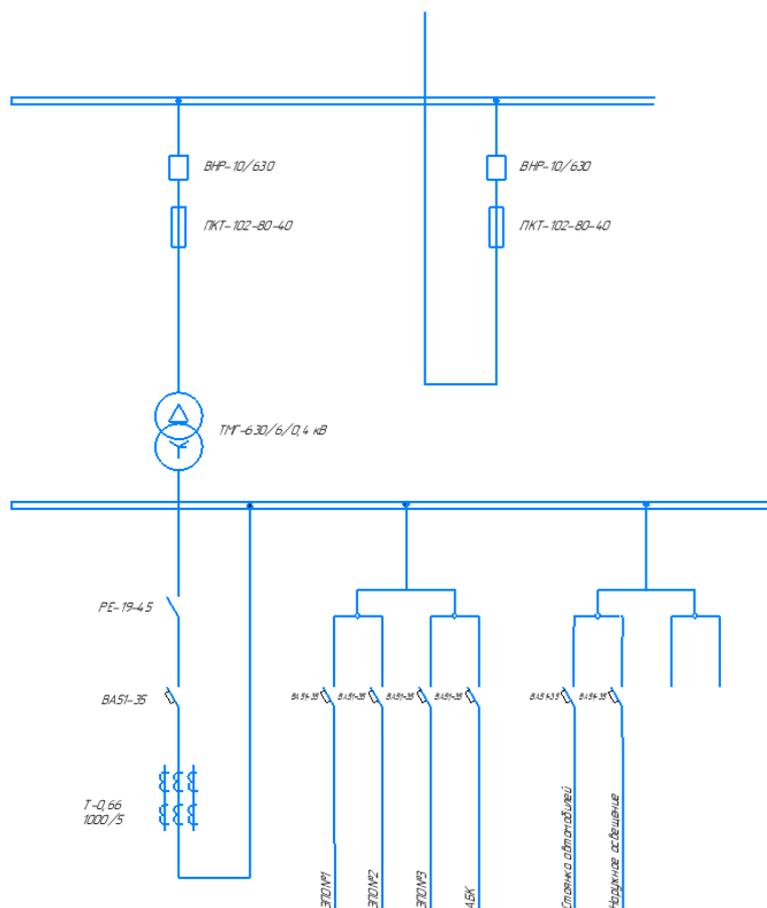


Рисунок 2 – Существующая схема электроснабжения

На рисунке 2, в данный момент электроснабжение медицинского центра обеспечивает однострансформаторная подстанция.

Вывод по разделу 1. Для повышения надежности электроснабжения требуется установить второй силовой трансформатор.

Так как административно-бытовой корпус №4 и бокс стоянки автомобилей имеют третью категорию надежности, для них достаточно существующего силового трансформатора ТМГ-630/10/0,4 кВ. Корпусам 1, 2 и 3 присвоена первая категория надежности, таким образом часть нагрузки этих корпусов будет перенесена на второй силовой трансформатор.

## 2 Вычисление системы электроснабжения медицинского центра

### 2.1 Выбор схемы электроснабжения медицинского центра

В соответствии со схемой электроснабжения, потребители медицинского центра относятся к первой категории надежности электроснабжения.

Для выбора силового трансформатора потребуется выполнить расчет электрических нагрузок медицинского центра, а также выбрать оборудование 10 кВ.

### 2.2 Вычисление электрических нагрузок медицинского центра

Вычисление силовых нагрузок будет осуществлен по коэффициенту расчётной нагрузки применительно «Указаниям по расчёту электрических нагрузок» РТМ 36-18-32-4–92 ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект» (г. Москва) по активной и реактивной мощностям и расчётного тока. Технологическое оборудование разделено на два распределительных пункта.

Первоначальные данные для вычисления электрических нагрузок отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Первоначальные данные

Наименование ЭП	Кол-во ЭП, шт	Номинальная (установленная) мощность, кВт		k <sub>и</sub>	tgφ
		одного ЭП, кВт	Общая, кВт		
Корпус №1	-	180,0	180,0	0,6	1,33
Корпус №2	-	190,0	190,0	0,6	1,33
Корпус №3	-	200,0	200,0	0,6	1,33
Корпус №4	-	180,0	180,0	0,5	1,02
Стоянка автомобилей	-	60,0	60,0	0,3	0,75
Наружное освещение	-	40,0	40,0	0,2	0,62
Итого по КТП:	-	850,0	850,0	-	-

Сначала выполняется расчет активной и реактивной мощностей медицинского центра, результат которого заносится в графы 7 и 8 таблицы 2.

В соответствии с [20], активная мощность корпуса №1 медицинского центра составит:

$$k_{И} \cdot P_{н} = 180,0 \cdot 0,6 = 108,0 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], реактивная мощность корпуса №1 медицинского центра составит:

$$k_{И} \cdot P_{н} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 180,0 \cdot 0,6 \cdot 1,33 = 143,6 \text{ квар.}$$

В соответствии с [20], активная мощность корпуса №2 медицинского центра составит:

$$k_{И} \cdot P_{н} = 190,0 \cdot 0,6 = 114,0 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], реактивная мощность корпуса №2 медицинского центра составит:

$$k_{И} \cdot P_{н} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 190,0 \cdot 0,6 \cdot 1,33 = 151,6 \text{ квар.}$$

В соответствии с [20], активная мощность корпуса №3 медицинского центра составит:

$$k_{И} \cdot P_{н} = 200,0 \cdot 0,6 = 120,0 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], реактивная мощность корпуса №3 медицинского центра составит:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 200,0 \cdot 0,6 \cdot 1,33 = 159,6 \text{ квар.}$$

В соответствии с [20], активная мощность корпуса №4 медицинского центра составит:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} = 180,0 \cdot 0,5 = 90,0 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], реактивная мощность корпуса №4 медицинского центра составит:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 180,0 \cdot 0,5 \cdot 1,02 = 91,8 \text{ квар.}$$

В соответствии с [20], активная мощность стоянки автомобилей медицинского центра составит:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} = 60,0 \cdot 0,3 = 18,0 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], реактивная мощность стоянки автомобилей медицинского центра составит:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 60,0 \cdot 0,3 \cdot 0,75 = 13,5 \text{ квар.}$$

В соответствии с [20], активная наружного освещения медицинского центра составит:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} = 40,0 \cdot 0,2 = 8,0 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], реактивная наружного освещения медицинского центра составит:

$$k_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \text{tg}\varphi = 40,0 \cdot 0,2 \cdot 0,62 = 5,0 \text{ квар.}$$

В соответствии с [20], общее значение активной мощности медицинского центра, в таком случае составит:

$$\sum k_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}} = 108,0 + 114,0 + 120,0 + 90,0 + 18,0 + 8,0 = 458,0 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], общее значение реактивной мощности медицинского центра, в таком случае составит:

$$\sum k_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \text{tg}\varphi = 143,6 + 151,6 + 159,6 + 91,8 + 13,5 + 5,0 = 565,1 \text{ квар.}$$

Групповой коэффициент использования, согласно [20] определяется по формуле:

$$k_{\Sigma\text{и}} = \frac{\sum k_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}}}{\sum P_{\text{н}}}. \quad (1)$$

В соответствии с [20], групповой коэффициент использования медицинского центра, в таком случае составит:

$$k_{\Sigma\text{и}} = \frac{458,0}{180 + 190 + 200 + 180 + 60 + 40} = 0,5.$$

Далее выполняется расчет квадрата мощности потребителей медицинского центра, результат которого заносится в графу 9 таблицы 2.

В соответствии с [20], квадрат мощности корпуса №1 медицинского центра составит:

$$nP_{\text{н}}^2 = 180,0^2 = 32400 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], квадрат мощности корпуса №2 медицинского центра составит:

$$nP_{\text{н}}^2 = 190^2 = 36100 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], квадрат мощности корпуса №3 медицинского центра составит:

$$nP_{\text{н}}^2 = 200^2 = 40000 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], квадрат мощности корпуса №4 медицинского центра составит:

$$nP_{\text{н}}^2 = 180,0^2 = 32400 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], квадрат мощности стоянки автомобилей медицинского центра составит:

$$nP_{\text{н}}^2 = 60^2 = 3600 \text{ кВт.}$$

В соответствии с [20], квадрат мощности наружного освещения медицинского центра составит:

$$nP_{\text{н}}^2 = 40^2 = 1600 \text{ кВт.}$$

Таким образом, общее значение квадрата мощности потребителей медицинского центра:

$$\sum_1^n nP_H^2 = 32400 + 36100 + 4000 + 32400 + 3600 + 1600 = 146100 \text{ кВт.}$$

Затем выполняется расчет эффективного числа электроприемников медицинского центра, результат которого заносится в графу 10 таблицы 2.

Вычисление эффективного числа электроприемников медицинского центра «Профлидер» осуществляется по данной формуле [1]:

$$n_э = \frac{2 \cdot \sum_1^n P_H}{P_{H.макс}}, \quad (2)$$

где  $P_{H.макс}$  – это максимальная единичная мощность потребителя электроэнергии, кВт.

На основании с [26], эффективного числа электроприемников медицинского центра будет равно:

$$n_э = \frac{2 \cdot 850}{200} = 9.$$

Исходя из [26] при  $n_э=9-10$  и  $k_{И}=0,5$  коэффициент расчётной нагрузки  $K_p$  будет равен 0,9.

На следующем этапе нужно определить расчетную активную, реактивную и полную мощность потребителей медицинского центра, итог вычисления заносится в графы 12-14 таблицы 2.

Согласно с [20], расчет активной мощности производится по такой формуле:

$$P_p = K_p \cdot \sum k_{И} \cdot P_H. \quad (3)$$

Согласно с [20], расчет реактивной мощности происходит по этой формуле:

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum k_{II} \cdot P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (4)$$

Согласно с [20], расчет полной мощности выявляется по формуле:

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

Следовательно, активная мощность медицинского центра составляет:

$$P_p = 0,9 \cdot 458,0 = 412,2 \text{ кВт.}$$

Следовательно, реактивная мощность медицинского центра составляет:

$$Q_p = 1,1 \cdot 565,1 = 621,6 \text{ квар.}$$

Следовательно, полная мощность медицинского центра составляет:

$$S_p = \sqrt{412,2^2 + 621,6^2} = 745,9 \text{ кВА.}$$

В графе 15 отражаются итоги вычислений силы тока.

Согласно с [30], сила тока находится по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{Л}}, \quad (6)$$

где  $U_{Л}$  – это линейное напряжение сети, кВ (в этом случае нужно принимать 0,4 кВ).

Следовательно, сила тока медицинского центра будет составлять:

$$I_p = \frac{745,9}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1076,6 \text{ А.}$$

Результаты вычислений сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты вычислений нагрузки медицинского центра (не учитывается компенсация реактивной мощности)

Исходные данные						Расчетные величины			пэ	Кр	Расчетная мощность			I, А
по заданию технологов				по справочным данным		КиРн	КиРн tgφ	пр2			Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВт	
ЭП	Кол-во ЭП, шт	Рн, кВт		Ки	tgφ									
		одного ЭП, кВт	Общая, кВт											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Корпус №1	-	180,0	180,0	0,6	1,33	108,0	143,6	32400	-	-	-	-	-	-
Корпус №2	-	190,0	190,0	0,6	1,33	114,0	151,6	36100	-	-	-	-	-	-
Корпус №3	-	200,0	200,0	0,6	1,33	120,0	159,6	40000	-	-	-	-	-	-
Корпус №4	-	180,0	180,0	0,5	1,02	90,0	91,8	32400	-	-	-	-	-	-
Стоянка автомобилей	-	60,0	60,0	0,3	0,75	18,0	13,5	3600	-	-	-	-	-	-
Наружное освещение	-	40,0	40,0	0,2	0,62	8,0	5,0	1600	-	-	-	-	-	-
Итого по КТП:	-	850,0	850,0	0,5	-	458,0	565,1	146100	9	0,9	412,2	621,6	745,9	1076,6

После определения расчетной нагрузки объекта, определяется необходимость в компенсации реактивной мощности и выполняется расчет необходимых для этого устройств.

С экономической точки зрения целесообразно использовать конденсаторные установки.

Конденсаторные установки будут подключены к секциям шин 0,4 кВ. Таким образом, для оценки необходимости и расчета мощности конденсаторных установок необходимо распределить нагрузку по секциям шин.

Потребители третьей категории надежности будут подключены к секциям шин существующего трансформатора мощностью 630 кВА. В то время, как нагрузка потребителей второй категории надежности будет распределена между существующим и проектируемым трансформаторами.

Нагрузка на секциях шин ТП 6/0,4 кВ без учета компенсации реактивной мощности приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Нагрузка на секциях шин КТП-6/0,4 кВ без учета компенсации реактивной мощности

Наименование	P, кВт	Q, квар	S, кВа	cosφ	tgφ
СШ1 (ТМГ 630/6/0,4 кВ)					
Корпус №1	54,0	71,8	89,9	0,60	1,33
Корпус №2	57,0	75,8	94,8	0,60	1,33
Корпус №3	60,0	79,8	99,8	0,60	1,33
Корпус №4	90,0	91,8	128,6	0,70	1,02
Стоянка автомобилей	18,0	13,5	22,5	0,80	0,75
Наружное освещение	8,0	5,0	9,4	0,85	0,62
Итого по СШ1	287,0	337,7	445,0	0,64	1,18
СШ2 (Проектируемая)					
Корпус №1	54,0	71,8	89,9	0,60	1,33
Корпус №2	57,0	75,8	94,8	0,60	1,33
Корпус №3	60,0	79,8	99,8	0,60	1,33
Итого по СШ2	171,0	227,4	284,5	0,60	1,33

В соответствии с [22], величина реактивной мощности, которая требует компенсирования, вычисляется по этому выражению:

$$Q_{KP} = \alpha \cdot P \cdot (tg\varphi - tg\varphi_K), \quad (7)$$

где  $\alpha$  – это коэффициент, учитывающий повышение коэффициента мощности естественным способом, он принимается равным 0,9.

$P$  – это активная мощность, относительно таблицы 3.

$tg\varphi$  – это коэффициент реактивной мощности, относительно таблицы 3.

$tg\varphi_K$  – это требуемый коэффициент реактивной мощности, который равен 0,33.

В данной ситуации, величина реактивной мощности, которую нужно компенсировать на СШ1, будет составлять:

$$Q_{KP} = 0,9 \cdot 287,0 \cdot (1,18 - 0,33) = 218,7 \text{ квар.}$$

После этого по расчетному значению выбирается номинальная мощность конденсаторной установки – 200 квар [8].

Перечень основных технических характеристик УКРМ-0,4-200 показан в таблице 4.

Таблица 4 – Основные технические характеристики УКРМ-0,4-200

Параметр	Единица измерения	Значение
Номинальное напряжение	кВ	0,4
Номинальный ток	А	288,8
Номинальная мощность	квар	200
Шаг регулирования	квар	25
Количество ступеней	шт.	6
Мощность ступеней	квар	25+25+25+25+50+50

Фактическое значение находится следующим образом [13]:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{факт}} = \operatorname{tg} \varphi - \frac{Q_{KV}}{\alpha \cdot P}. \quad (8)$$

Таким образом, значение конечного фактического коэффициента мощности для медицинского центра будет составлять [13]:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{факт}} = 1,50 - \frac{2 \cdot 275}{0,9 \cdot 537,2} = 0,40.$$

Что равняется:

$$\cos \varphi_{\text{факт}} = \cos(\operatorname{arctg}(\varphi_{\text{факт}})), \quad (9)$$

Тогда:

$$\cos \varphi_{\text{факт}} = 0,93.$$

Учитывая полученные коэффициенты мощности, реактивная мощность будет равна [27]:

$$Q_{\text{кр}} = P \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{факт}}. \quad (10)$$

В таком случае, для первой секции шин ТП 6/0,4 кВ медицинского центра реактивная мощность будет составлять:

$$Q_{\text{кр}} = 287,0 \cdot 0,40 = 114,8 \text{ квар.}$$

Полная мощность находится по формуле [2]:

$$S_{\text{ТПНН}} = \sqrt{P^2 + Q_{\text{кр}}^2}. \quad (11)$$

Следовательно, полная мощность на первой секции шин ТП 6/0,4 кВ медицинского центра будет определяться формулой [2]:

$$S_{\text{ТПНН}} = \sqrt{287,0^2 + 114,8^2} = 309,1 \text{ кВА.}$$

Реактивная мощность, которую необходимо компенсировать на второй секции шин составит:

$$Q_{\text{кр}} = 0,9 \cdot 171,0 \cdot (1,33 - 0,33) = 153,9 \text{ квар.}$$

Далее по расчетному значению выбирается номинальная мощность конденсаторной установки – 150 квар [8].

Перечень основных технических характеристик УКРМ-0,4-200 отражен в таблице 5.

Таблица 5 – Основные технические характеристики УКРМ-0,4-150

Параметр	Единица измерения	Значение
Номинальное напряжение	кВ	0,4
Номинальный ток	А	216,6
Номинальная мощность	квар	150
Шаг регулирования	квар	25
Количество ступеней	шт.	6
Мощность ступеней	квар	25+25+25+25+25+25

Таким образом, значение итогового фактического коэффициента мощности второй секции шин будет составлять [25]:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{факт}} = 1,33 - \frac{150}{0,9 \cdot 171,0} = 0,36.$$

Что равняется:

$$\cos \varphi_{\text{факт}} = 0,94.$$

Следовательно, для второй секции шин реактивная мощность будет составлять:

$$Q_{\text{КР}} = 171,0 \cdot 0,36 = 68,4 \text{ квар.}$$

Полная мощность на второй секции шин ТП 6/0,4 кВ медицинского центра будет определяться формулой [2]:

$$S_{\text{ТТНН}} = \sqrt{171,0^2 + 68,4^2} = 184,2 \text{ кВА.}$$

Таким образом, по результатам расчетов, полная мощность медицинского центра составила 184,2 кВа.

### **2.3 Выбор и расчет числа и мощности трансформаторов подстанции медицинского центра**

Мощности силовых трансформаторов, необходимая для надежного электроснабжения объекта определяется по формуле [21]:

$$S_{\text{ТР}} \geq S_{\text{р}}. \quad (12)$$

По вычислительной полной мощности медицинского центра подбирается силовой трансформатор мощностью 630 кВА – ТМГ-630/6/0,4 кВ.

В таком случае:

$$S_{\text{ТР}} = 630 \geq S_{\text{р}} = 309,1 + 184,2 = 493,3.$$

Таким образом, условие выполняется.

Сила тока на вводе 6 кВ силового трансформатора производится по данной формуле:

$$I_{\text{трВН}} = \frac{S_{\text{ТР}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}}. \quad (13)$$

В таком случае, сила тока на вводе 6 кВ силового трансформатора ТМГ 630 6/0,4 кВ будет составлять:

$$I_{\text{трВН}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 57,7 \text{ А.}$$

Сила тока на вводе 0,4 кВ силового трансформатора вычисляется по формуле:

$$I_{\text{трНН}} = \frac{S_{\text{ТР}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НН}}}. \quad (14)$$

В таком случае, сила тока на вводе 0,4 кВ силового трансформатора ТМГ 630 6/0,4 кВ составит:

$$I_{\text{трНН}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 909,3 \text{ А.}$$

Следовательно, для того чтобы обеспечить нужный уровень надежности электроснабжения медицинского центра, будет осуществлена установка двух силовых трансформаторов, их мощность будет составлять по 630 кВА.

## 2.4 Расчет токов короткого замыкания

Для вычисления токов короткого замыкания составляются данные схемы: расчетная – на рисунке 3 и замещения – на рисунке 4.

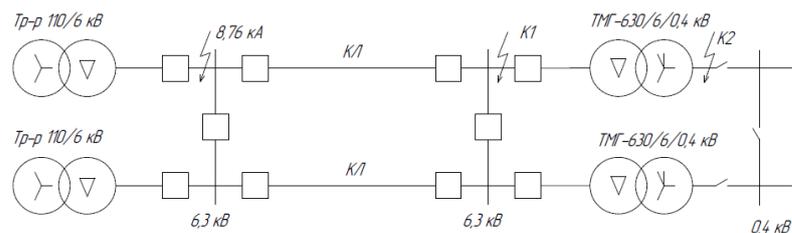


Рисунок 3 – Расчетная схема

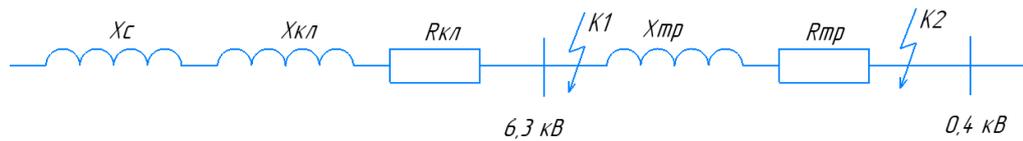


Рисунок 4 – Схема замещения

Затем определяются параметры короткого замыкания в точке К1.

Для точки К1 базисное напряжение будет равно:

$$U_{\delta 1} = 6,3 \text{ кВ.}$$

Далее определяется сопротивление системы электроснабжения медицинского центра.

Согласно [17], индуктивное сопротивление системы до точки К1 вычисляется по этой формуле:

$$X_C = Z_C = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot I_C}. \quad (15)$$

Следовательно, индуктивное сопротивление системы электроснабжения до точки К1 в системе электроснабжения медицинского центра:

$$X_C = Z_C = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 8,76} = 0,42 \text{ Ом.}$$

Результирующее индуктивное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К1 производится по данной формуле:

$$X_{K1} = X_C + X_{KL}, \quad (16)$$

где  $X_C$  – это индуктивное сопротивление системы, Ом;

$X_{KL}$  – это индуктивное сопротивление КЛ-6 кВ, Ом.

Результирующее активное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К1 производится по формуле:

$$R_{K1} = R_{KL}, \quad (17)$$

где  $R_{K1}$  – это результирующее активное сопротивление до точки К1, Ом;

$R_{KL}$  – это активное сопротивление КЛ-6 кВ, Ом.

Результирующее полное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К1 можно найти по формуле:

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2}. \quad (18)$$

Следовательно, индуктивное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К1, будет равно:

$$X_{K1} = 0,42 + 0,18 = 0,60 \text{ Ом.}$$

Следовательно, активное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К1, будет составлять:

$$R_{K1} = 1,60 \text{ Ом.}$$

Следовательно, полное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К1, будет составлять:

$$Z_{K1} = \sqrt{1,60^2 + 0,60^2} = 1,71 \text{ Ом.}$$

На следующей стадии происходит определение тока короткого замыкания.

В соответствии с [17], ток трехфазного короткого замыкания вычисляется по этой формуле:

$$I_K^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}. \quad (19)$$

В соответствии с [17], ток двухфазного короткого замыкания можно вычислить по формуле:

$$I_K^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_K^{(3)}. \quad (20)$$

В соответствии с [24], ударный ток короткого замыкания производится по данной формуле:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot K_{y\partial 1}, \quad (21)$$

где  $K_{y\partial 1}$  – это ударный коэффициент, равный 1,8 для секции шин 6 кВ и 1,3 для секции шин 0,4 кВ.

Исходя из [18], мощность тока короткого замыкания можно вычислить по формуле:

$$S_K = \sqrt{3} \cdot I_K \cdot U_6. \quad (22)$$

То тогда, для точки К1 ток трехфазного короткого замыкания будет равен:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 1,71} = 2,13 \text{ кА.}$$

Таким образом, для точки К1 ток двухфазного короткого замыкания будет равен:

$$I_k^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2,13 = 1,84 \text{ кА.}$$

Тогда, для точки К1 ударный ток короткого замыкания будет равен:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 2,13 \cdot 1,8 = 5,42 \text{ кА.}$$

Тогда, для точки К1 мощность тока короткого замыкания будет равна:

$$S_{K1} = \sqrt{3} \cdot 2,13 \cdot 6,3 = 23,24 \text{ кВА.}$$

После этого определяются параметры короткого замыкания в точке К2.

Для точки К2 базисное напряжение составит:

$$U_{\delta 2} = 0,38 \text{ кВ.}$$

Согласно [16], активное сопротивление ТМГ-630/6/0,4 кВ составляет:

$$R_{TP} = 3,1 \text{ мОм.}$$

Согласно [28], индуктивное сопротивление ТМГ-630/6/0,4 кВ составляет:

$$X_{TP} = 13,6 \text{ мОм.}$$

Результирующее активное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К2 вычисляется по этому выражению:

$$R_{K2} = R'_{K1} + R_{TP}, \quad (23)$$

где  $R'_{K1}$  – это эквивалентное активное сопротивление в цепи короткого замыкания до точки К1, приведенное к базисному уровню напряжения в точке К2.

Результирующее индуктивное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К2 находится по этой формуле:

$$X_{K2} = X'_{K1} + X_{TP}, \quad (24)$$

где  $X'_{K1}$  – это эквивалентное реактивное сопротивление в цепи короткого замыкания до точки К1, приведенное к базисному уровню напряжения в точке К2;

Результирующее полное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К2 можно вычислить по такой формуле:

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2}. \quad (25)$$

Относительно [17], эквивалентное активное сопротивление в точке К2 вычисляется по формуле:

$$R'_{K1} = R_{K1} \cdot \left(\frac{U_{\delta 2}}{U_{\delta 1}}\right)^2. \quad (26)$$

В соответствии с [14], эквивалентное индуктивное сопротивление в точке К2 вычисляется по формуле:

$$X'_{K1} = X_{K1} \cdot \left(\frac{U_{\delta 2}}{U_{\delta 1}}\right)^2. \quad (27)$$

Исходя из этого, эквивалентное активное сопротивление в точке К2 будет равно:

$$R_{K2} = 1,60 \cdot \left(\frac{0,38}{6,3}\right)^2 = 5,82 \text{ мОм.}$$

Исходя из этого, эквивалентное индуктивное сопротивление в цепи короткого замыкания будет составлять:

$$X_{K2} = 0,60 \cdot \left(\frac{0,38}{6,3}\right)^2 = 2,18 \text{ мОм.}$$

Следовательно, результирующее активное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К2 будет равно:

$$R_{K2} = 5,82 + 3,1 = 8,92 \text{ мОм.}$$

Таким образом, результирующее индуктивное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К2 будет равно:

$$X_{K2} = 2,18 + 13,6 = 15,78 \text{ мОм.}$$

Таким образом, результирующее полное сопротивление системы электроснабжения медицинского центра до точки К2 будет равным:

$$Z_{K2} = \sqrt{8,92^2 + 15,78^2} = 18,13 \text{ мОм.}$$

Тогда, для точки К2 ток трехфазного короткого замыкания будет равен:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 18,13} = 12,10 \text{ кА.}$$

Исходя из этого, для точки К2 ток двухфазного короткого замыкания будет равен:

$$I_k^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 12,10 = 10,48 \text{ кА.}$$

Тогда, для точки К2 ударный ток короткого замыкания будет равен:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 12,10 \cdot 1,3 = 22,25 \text{ кА.}$$

Таким образом, для точки К2 мощность тока короткого замыкания будет равна:

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot 12,10 \cdot 0,38 = 7,96 \text{ кВА.}$$

Результаты вычислений показаны в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты вычислений короткого замыкания

Точка КЗ	U <sub>б</sub> , кВ	R, Ом	X, Ом	Z, Ом	I <sup>(3)</sup> <sub>кз</sub> , кА	I <sup>(2)</sup> <sub>кз</sub> , кА	I <sub>уд</sub> , кА	S <sub>кз</sub> , МВА
K1	6,3	1,60	0,60	1,71	2,13	1,84	5,42	23,24
K2	0,38	0,009	0,016	0,018	12,10	10,48	22,25	7,96

На основании результатов расчетов токов КЗ далее будет выполнен выбор и проверка электрооборудования ТП-6/0,4 кВ, а также кабельных линий.

## 2.5 Выбор и расчет электрических аппаратов и проводников

Для питания трансформатора ТМГ 630 6/0,4 кА выбирается кабель АСБ [7].

Кабель подбирается по условию [3]:

– по допустимому току нагрева:

$$I_{\text{дон}} \geq I_{\text{трВН}}. \quad (28)$$

«По справочным данным выбран кабель сечением 3×35 (допустимый ток 110 А, удельное активное сопротивление – 0,89 Ом/км, удельное реактивное сопротивление – 0,10 Ом/км).

Исходя из этого» [4]:

$$I_{\text{дон}} = 110 \text{ А} \geq I_{\text{трВН}} = 57,7 \text{ А}.$$

Кабель сечением 3×25 проходит проверку по допустимому току нагрева.

– по экономической плотности:

$$S_{\text{КЛ}} = \frac{I_{\text{трВН}}}{j}, \quad (29)$$

«где  $j$  – это нормативное значение экономической плотности тока (для алюминиевых кабелей при использовании максимума нагрузки от 3000 ч. до 5000 ч. в год принимается равным  $1,7 \text{ А/мм}^2$ )» [4].

Для кабеля, который питает силовой трансформатор ТМГ-630/6/0,4 кВ:

$$S_{кл} = \frac{57,7}{1,7} = 33,9 \text{ мм}^2.$$

«Тогда выбранная кабельная линия сечением  $35 \text{ мм}^2$  соответствует результатам проверки по экономической плотности тока.

– по потере напряжения» [4]:

У данного кабеля по справочным таблицам определяется удельное активное  $r_0$  (мОм/м) и реактивное  $x_0$  (мОм/м) сопротивления.

Сопротивление определяется формулами [10]:

$$r = r_0 \cdot l, \quad (30)$$

$$x = x_0 \cdot l. \quad (31)$$

Для АСБ  $3 \times 35$  протяженностью 1,8 км:

$$r = 0,89 \cdot 1,8 = 1,60 \text{ Ом.}$$

$$x = 0,10 \cdot 1,8 = 0,18 \text{ Ом.}$$

Допустимые потери напряжения в кабеле (согласно ГОСТ 32144-2013) не должны превышать 10%. Для напряжения 6,3 В это  $\Delta U_{ном} = 630 \text{ В}$ .

Действительные потери [12]:

$$\Delta U = \frac{x \cdot Q + r \cdot P}{U_n}. \quad (32)$$

Для АСБ 3×35 протяженностью 1,8 км:

$$\Delta U = \frac{0,18 \cdot (68,4 + 114,8) + 1,60 \cdot (171,0 + 287,0)}{6,3} = 121,55 \text{ В.}$$

Потери в кабельных линиях не выходят за границы допустимых пределов. Из чего следует, что кабельные линии удовлетворяют требованиям проверки.

После выбора кабельной линии 6 кВ выполняется выбор кабельных линий 0,4 кВ. Проверка кабельных линий 0,4 кВ выполняется по допустимому току нагрева и потерям напряжения.

Для электроснабжения зданий медицинского центра выбран четырёхжильный кабель АВБбШв.

Результаты выбора кабельных линий 0,4 кВ приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результат выбора кабельных линий 0,4 кВ

КЛ	P, кВт	Q, квар	I, А	L, км	марка	Iдоп, А	r0, Ом/км	x0, Ом/км	ΔU, В
Корпус №1	54	71,8	136,5	0,1	4×70	165	0,05	0,01	7,7
Корпус №2	57	75,8	144,1	0,1	4×70	165	0,05	0,01	8,1
Корпус №3	60	79,8	151,7	0,1	4×70	165	0,05	0,01	8,5

Как видно по данным таблицы 7, потери в кабельных линиях не выходят за границы допустимых пределов. Из чего следует, что кабельные линии удовлетворяют требованиям проверки.

## 2.6 Выбор основного электрооборудования и его проверка

Распределительное устройство ТП 6/0,4 кВ медицинского центра комплектуются выключателем нагрузки ВНР-10/630.

Под выключателем понимается устройство, которое выполняет оперативное отключение и включение электрической сети.

Подобранные высоковольтные выключатели проверяются по ряду условий:

1) По номинальному напряжению:

$$U_{\text{выкл}} \geq U_{\text{ном}}.$$

Для вакуумного выключателя ВВУ-СЭЩ-10-20/1000:

$$10 \text{ кВ} \geq 6 \text{ кВ}.$$

Условие выполняется.

2) По номинальному току:

$$I_{\text{выкл}} \geq I_{\text{расч}}.$$

Для вакуумного выключателя ВВУ-СЭЩ-10-20/1000:

$$630 \text{ А} \geq 57,7 \text{ А}.$$

Условие выполняется.

3) По отключающей способности:

$$I_{\text{откл.}} \geq I_{\text{К}}.$$

Для вакуумного выключателя ВВУ-СЭЩ-10-20/1000:

$$20 \text{ кА} \geq 1,59 \text{ кА}$$

Условие выполняется.

4) На термическую стойкость:

$$B_{к.норм} \geq B_{к.расч}.$$

Расчетный тепловой импульс определяется по формуле:

$$B_{к.расч} = I_K^2 \cdot (t_{откл} + T_a). \quad (33)$$

Величина теплового импульса на шинах 6 кВ ТП 6/0,4 кВ медицинского центра составит:

$$B_{к.расч} = 1,59^2 \cdot 10^6 \cdot (0,06 + 0,03) = 0,23 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{c}.$$

Величина номинального теплового импульса для вакуумного выключателя ВВУ-СЭЩ-10-20/1000 составит:

$$B_{к.ном} = 20^2 \cdot 10^6 \cdot 0,06 = 24 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{c}.$$

Таким образом:

$$24 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{c} \geq 0,23 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{c}.$$

Условие выполняется.

5) На электродинамическую стойкость:

$$I_c \geq i_{уд}.$$

Для вакуумного выключателя ВВУ-СЭЩ-10-20/1000:

$$51 \text{ кА} \geq 4,05 \text{ кА}.$$

Условие выполняется.

Таким образом, выключатель нагрузки ВВУ-СЭЦ-10-20/1000 проходит все проверки и принят к установке в РУ-6 кВ ТП 6/0,4 кВ медицинского центра.

Далее необходимо выполнить проверку секционного разъединителя. Для создания видимого разрыва между секциями шин выбран разъединитель РВ-10/630.

Проверка разъединителя выполняется аналогично проверке выключателя нагрузки.

Выбранные высоковольтные выключатели проверяются по ряду условий:

1) По номинальному напряжению.

$$10 \text{ кВ} \geq 6 \text{ кВ.}$$

Условие выполняется.

2) По номинальному току.

$$630 \text{ А} \geq 57,7 \text{ А.}$$

Условие выполняется.

3) По отключающей способности.

$$20 \text{ кА} \geq 1,59 \text{ кА.}$$

Условие выполняется.

4) На термическую стойкость.

$$24 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с} \geq 0,23 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с.}$$

Условие выполняется.

5) На электродинамическую стойкость.

$$52 \text{ кА} \geq 4,05 \text{ кА.}$$

Условие выполняется.

Таким образом, разъединитель РВ-10/630 проходит все проверки и принят к установке в РУ-6 кВ ТП 6/0,4 кВ медицинского центра.

Далее необходимо выполнить проверку кабельной линии 6 кВ на термическую стойкость.

Проверка проводников на термическую стойкость производится по данной формуле:

$$S \geq S_{\min} = \frac{I_{K1}^{(3)}}{C} \cdot \sqrt{t_{np}}, \quad (34)$$

где  $S$  – это «фактическое сечение кабеля,  $\text{мм}^2$ ,

$S_{\min}$  – это минимально-допустимое по термической устойчивости сечение кабеля,  $\text{мм}^2$ ,

$t_{np}$  – это приведенное время действия КЗ, с;

$C$  – это термический коэффициент, (принимается равным 141 для кабельных линий с медными жилами и 95 для алюминиевых кабельных линий).

Приведенное время КЗ образуется из времени срабатывания выключателей, тогда примем для расчета сечения, равное 1,5 с.

Минимальное допустимое сечение кабельной линии, которой питается силовой трансформатор ТМГ 630/6/0,4 кВ, составляет» [4]:

$$S = 25 \text{ мм}^2 \geq S_{\min} = \frac{1590}{95} \cdot \sqrt{1,5} = 20,5 \text{ мм}^2.$$



$$I_{\text{сзТО}} = k_n \cdot I_{\text{КЗ}}, \quad (35)$$

где  $I_{\text{сзТО}}$  – это ток срабатывания токовой отсечки, А;

$I_{\text{КЗ}}$  – это ток короткого замыкания в конце линии, А;

$k_n$  – это коэффициент надежности, для блока Сириус-Т равен 1,1 [29];

Таким образом, ток срабатывания отсечки при коротком замыкании на шинах 6 кВ силового трансформатора ТМГ 630/6/0,4 кВ составит:

$$I_{\text{сзТО}} = 1,15 \cdot 2130 = 2450 \text{ А.}$$

Коэффициент чувствительности токовой отсечки находится по формуле:

$$k_{\text{ч}} = \frac{0,87 \cdot I_{\text{КЗ}}}{I_{\text{сзМТЗ}}} \geq 1,2. \quad (36)$$

Исходя из этого, коэффициент чувствительности токовой отсечки при коротком замыкании на шинах 6 кВ силового трансформатора ТМГ 630/6/0,4 кВ составит:

$$k_{\text{ч}} = \frac{0,87 \cdot 1840}{2450} = 0,65.$$

Значение менее, чем 1,2. Таким образом, токовая отсечка не устанавливается.

Расчет максимальной токовой отсечки.

При настройке МТЗ необходимо осуществить данные условия:

$$I_{срМТЗ} \geq I_{раб.},$$

где  $I_{срМТЗ}$  – это ток срабатывания МТЗ;

$I_{раб.}$  – это максимальный рабочий ток линии.

Рабочий максимальный ток  $I_{раб.}$  является током силового трансформатора на стороне 6 кВ:

$$I_{раб.} = I_{трВН} = 57,7 \text{ А.}$$

Ток срабатывания МТЗ находится по этой формуле:

$$I_{срМТЗ} = \frac{k_n \cdot I_{раб.}}{k_{воз}}, \quad (37)$$

где  $k_n$  – это коэффициент надежности, для блока Сириус-Т равен 1,1 [11];

$I_{раб.}$  – это максимальный рабочий ток линии.

$k_{воз}$  – это коэффициент возврата соответствующего вида защиты устройства для устройства Сириус-Т  $k_{воз}$  равен 0,94 [11];

Таким образом, ток срабатывания МТЗ составит:

$$I_{срМТЗ} = \frac{1,1 \cdot 57,7}{0,94} = 67,52 \text{ А.}$$

Проверим защиту на чувствительность:

$$k_q = \frac{0,87 \cdot I_{КЗ}}{I_{срМТЗ}} \geq 2,$$



18-32-4-92 ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект» (г. Москва) по активной и реактивной мощностям и расчётного тока.

Затем выбрана номинальная мощностью конденсаторной установки – 200 квар для первой секции шин и 150 квар для второй.

После расчета мощности нагрузки медицинского центра с учетом компенсации реактивной мощности выполнен расчет мощности силового трансформатора. По расчетной номинальной мощности подбирается силовой трансформатор, мощностью 630 кВА – ТМГ 630/6/0,4 кВ.

Для питания трансформатора ТМГ 630 6/0,4 кА выбран кабель АСБ 3х35. Для электроснабжения зданий медицинского центра выбран четырехжильный кабель АВБбШв. Потери в кабельных линиях не выходят за границы допустимых пределов. Из чего следует, что кабельные линии удовлетворяют требованиям проверки.

Далее выполнен расчет токов КЗ.

Распределительное устройство ТП 6/0,4 кВ медицинского центра комплектуются вакуумным выключателем ВВУ–СЭЦ-10-20/1000. Выключатель ВВУ–СЭЦ-10-20/1000 проходит все проверки и принят к установке в РУ-6 кВ ТП 6/0,4 кВ медицинского центра. Для создания видимого разрыва между секциями шин выбран разъединитель РВ-10/630. Далее выполнена проверка кабельной линии 6 кВ на термическую стойкость. Сечение выбранной кабельной линии АСБ 3х35 больше минимально допустимого сечения, тогда проверка по термической стойкости к токам КЗ проходит.

Для защиты силового трансформатора выбрано интеллектуальное устройство «Сириус-Т». Терминалы защит расположены в РУ-6 кВ и подколочены к измерительным трансформаторам тока.

Данные аспекты отражены и внесены в графическую часть работы.

### 3 Расчет контура заземления медицинского центра

Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции, необходимо, чтобы штыри заземления были надежно подключены.

По стандартам у контура заземления должно быть сопротивление не выше:

$$R_{3y} \leq 4 \text{ Ом.}$$

Расчетное сопротивление вертикального заземлителя – электрода, вычисляется по данному выражению [9]:

$$r_B = 0,27 \cdot \rho \cdot K_{\text{сез}}, \quad (38)$$

где  $\rho$  – это удельное сопротивление грунта;

$K_{\text{сез}}$  – это коэффициент сезонности.

$$r_B = 0,27 \cdot 100 \cdot 1,7 = 45,9 \text{ Ом.}$$

Необходимое количество вертикальных электродов, без учета экранирования, вычисляется по такой формуле [6]:

$$N'_{\text{В.Р}} = \frac{r_B}{R_{3y}}, \quad (39)$$

где  $r_B$  – это сопротивление одного вертикального электрода.

$$N'_{\text{В.Р}} = \frac{45,9}{4} = 11,475 \text{ шт.}$$

«Тогда, без учета экранирования требуется 12 вертикальных заземлителей – электродов.

Необходимое число вертикальных заземлителей с учетом экранирования находится по данной формуле» [5]:

$$N_{B.P} = \frac{N'_{B.P}}{\eta_B}, \quad (40)$$

где  $\eta_B$  – это коэффициент использования вертикального электрода.

$$N_{B.P} = \frac{12}{0,52} = 23,07 \text{ шт.}$$

«Таким образом, с учетом экранирования требуется 24 вертикальных заземляющих электрода.

На следующем этапе нужно найти требуемый периметр контурного заземления по данному выражению» [19]:

$$L_{\Pi} = (A + 2) \cdot 2 + (B + 2) \cdot 2 = 164 \text{ м.}$$

«Вертикальные электроды распределяются равномерно по периметру контурного заземления: по одному электроду по углам и оставшиеся между ними.

Для равномерного распределения электродов принимаем 24 шт., исходя из этого:

$$a = \frac{B'}{n - 1} = 5,3.$$

Находим уточненное значение сопротивления вертикального электрода по данной формуле» [15]:

$$R_B = \frac{I_B}{N_B \cdot \eta_B}, \quad (41)$$

$$R_B = \frac{45,9}{24 \cdot 0,52} = 3,67 \text{ Ом.}$$

Вычисляем уточненное значение горизонтального электрода [6]:

$$R_\Gamma = \frac{0,366 \cdot K_{\text{сез}} \cdot \rho}{L} \cdot \lg \frac{2l^2}{bt}, \quad (42)$$

$$R_\Gamma = \frac{0,366 \cdot 1,7 \cdot 100}{128} \cdot \lg \frac{2 \cdot 128^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 2,94 \text{ Ом.}$$

Вычисляем действительное значение заземляющего устройства по формуле [23]:

$$R_{3\Phi} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma}, \quad (43)$$

$$R_{3\Phi} = \frac{3,67 \cdot 2,94}{3,67 + 2,94} = \frac{10,78}{6,61} = 1,63 \text{ Ом.}$$

Исходя из этого:

$$R_{3\Phi} = 1,63 \text{ Ом} \leq R_{3\gamma} = 4 \text{ Ом}$$

Вывод по разделу 3. Расчетное сопротивление заземляющего устройства не превышает допустимое и заземляющее устройство работает правильно.

Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, способные оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции, нужно, чтобы штыри заземления были надежно подключены. С учетом экранирования требуется 24 вертикальных заземлителей – электродов.

## Заключение

По результатам написания работы была выполнена цель работы – разработка проекта модернизации системы электроснабжения медицинского центра «Профлидер».

Для реализации перечня поставленных задач данная работа подразделена на три главы.

В первой главе был проведен анализ существующей системы электроснабжения.

В данный момент электроснабжение медицинского центра обеспечивает однотрансформаторная подстанция.

Для повышения надежности электроснабжения требуется установить второй силовой трансформатор.

Так как административно-бытовой корпус №4 и бокс стоянки автомобилей имеют третью категорию надежности, для них достаточно существующего силового трансформатора ТМГ-630/10/0,4 кВ. Корпусам 1, 2 и 3 присвоена первая категория надежности, таким образом часть нагрузки этих корпусов будет перенесена на второй силовой трансформатор.

Во второй главе было осуществлено вычисление системы электроснабжения медицинского центра «Профлидер».

Расчет силовых нагрузок выполнен по коэффициенту расчётной нагрузки согласно «Указаниям по расчёту электрических нагрузок» РТМ 36-18-32-4-92 ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект» (г. Москва) по активной и реактивной мощностям и расчётного тока.

Затем выбрана номинальная мощность конденсаторной установки – 200 квар для первой секции шин и 150 квар для второй.

После расчета мощности нагрузки медицинского центра с учетом компенсации реактивной мощности выполнен расчет мощности силового трансформатора.

Для питания трансформатора ТМГ 630 6/0,4 кА выбран кабель АСБ 3×35. Для электроснабжения зданий медицинского центра выбран четырехжильный кабель АВБбШв. Потери в кабельных линиях не выходят за границы допустимых пределов. Из чего следует, что кабельные линии удовлетворяют требованиям проверки.

Далее выполнен расчет токов КЗ.

Распределительное устройство ТП 6/0,4 кВ медицинского центра комплектуются вакуумным выключателем ВВУ–СЭЦ-10-20/1000. Выключатель ВВУ–СЭЦ-10-20/1000 проходит все проверки и принят к установке в РУ-6 кВ ТП 6/0,4 кВ медицинского центра. Для создания видимого разрыва между секциями шин выбран разъединитель РВ-10/630. Далее выполнена проверка кабельной линии 6 кВ на термическую стойкость. Сечение выбранной кабельной линии АСБ 3×35 больше минимально допустимого сечения, тогда проверка по термической стойкости к токам КЗ проходит.

Для защиты силового трансформатора выбрано интеллектуальное устройство «Сириус-Т». Терминалы защит расположены в РУ-6 кВ и подколочены к измерительным трансформаторам тока.

В третьей главе производится расчет контура защитного заземления.

Выявлено, что все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции, необходимо, чтобы штыри заземления были надежно подключены.

С учетом экранирования требуется 24 вертикальных заземлителей – электродов.

Данные аспекты отражены и внесены в графическую часть работы.

## Список используемой литературы

1. Балаков Ю.Н., Мисриханов М.Ш., Шунтов А.В. Проектирование схем электроустановок. учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. 288 с.
2. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2016. 75 с.
3. ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. Введ. с 1986-07-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 86 с.
4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2012. 91 с.
5. Ершов А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 2: Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ: учебное пособие. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. 168 с.
6. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов: учебное. Томск: ТПУ. 2016. 187 с.
7. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 343 с.
8. Киреева Э.А., Цырук С.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебник для студ. сред. проф. образования. 3-е изд. М.: Академия, 2013. 282 с.
9. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: учебное пособие, 2013. 319 с.
10. Косоухов Ф.Д. Энергосбережение в низковольтных электрических сетях при несимметричной нагрузке. Санкт-Петербург: Лань, 2016. 280 с.
11. Кудрин Б.И. Электроснабжение: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2013. 352 с.

12. Кузовкин В.А. Электротехника и электроника. учебник для бакалавров. Люберцы: Юрайт, 2016. 431 с.
13. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. М.: Колос, 2016. 184 с.
14. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2014. 608 с.
15. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2018. 316 с.
16. Правила устройства электроустановок (все действующие разделы 6 и 7 изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 августа 2008 года). М: КНОРУС, 2009. 487 с.
17. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок М.: Стандартиформ, 2001. 330 с.
18. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2016. 448 с.
19. Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок: РТМ 36.18.32.4-92. Тяжпромэлектропроект, 30 июля 1992. 245 с.
20. Руководящие указания по расчёту токов коротких замыканий, выбору и проверке аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания. МЭИ, 2001. 355 с.
21. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования: РД 153-34.0-20.527-98 / Руководящий документ. Изд. офиц. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002. 377 с.
22. Секретарев Ю. А. Надежность электроснабжения: Учебное пособие. Новосибирск: НГТУ, 2013. 104 с.

23. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. 464 с.
24. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.
25. Сивков А.А., Герасимов Д.Ю., Сайгаш А.С. Основы электроснабжения: учебное пособие: Томский политехнический университет. М.: Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 180 с.
26. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. М.: Стандартинформ, 2003. 81 с.
27. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2018. 312 с.
28. Фролов Ю.М. Основы электроснабжения. М.: Лань, 2015. 480 с.
29. Хрущев Ю.В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы: учебное пособие. М.: Юрайт, 2016. 154 с.
30. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. М.: Форум, Инфра. 2015. 136 с.