

Аннотация

В выпускной квалификационной работе выполнена реконструкция системы электроснабжения микрорайона Автозаводского района г. Тольятти.

Нарушение электроснабжения городов и промышленных центров сопровождается опасными для жизни и здоровья людей последствиями. Так, авария в Москве 23-26 мая 2005 г. принесла значительные убытки – по официальным данным порядка 2 млрд. руб. Поэтому тема работы, направленная на повышение надежности электроснабжения городских потребителей крупного города является актуальной.

Целью работы является повышение надежности электроснабжения потребителей микрорайона Автозаводского района г. Тольятти. В соответствии с поставленной целью задачами работы являются: анализ потребителей электрической энергии и существующей схемы электроснабжения микрорайона; разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения микрорайона; обоснование экономической эффективности работы.

Объект работы - микрорайон Автозаводского района г.Тольятти.

Предмет работы - система электроснабжения микрорайона Автозаводского района г.Тольятти.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ потребителей электроэнергии и схемы электроснабжения микрорайона.....	6
2 Разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения микрорайона автозаводского района г.Тольятти.....	13
3 Определение расчетных нагрузок микрорайона	14
4 Выбор числа и мощности трансформаторов ТП 10/0,4 кВ.....	22
5 Технические решения по реконструкции системы электроснабжения микрорайона. Выбор блочных комплектных трансформаторных подстанций.....	27
6 Расчет токов короткого замыкания.....	30
7 Выбор и проверка электрооборудования 10 кВ и 0,4 кВ.....	35
7.1 Выбор электрооборудования 10 кВ.....	35
7.2 Выбор электрооборудования 0,4 кВ.....	37
8 Выбор релейной защиты и автоматики БКТП 10/0,4 кВ.....	42
8.1 Выбор релейной защиты БКТП 10/0,4 кВ.....	42
8.2 Выбор автоматики БКТП 10/0,4 кВ	44
9 Расчет защитного заземления БКТП 10/0,4 кВ.....	45
10 Экономическая эффективность работы	47
Заключение.....	49
Список использованных источников.....	50

Введение

Крупные города, как места массового пребывания людей, концентрации промышленности, центров управления всеми видами жизнедеятельности и коммуникациями, имеют развитую и энергоемкую систему жизнеобеспечения, которая включает централизованное электро- и теплоснабжение, котельные, инженерные газовые сети, сети водопровода и канализации, городского автодорожного и рельсового транспорта, вокзалы и железные дороги, аэропорты, связь, телевидение и радио, больницы, детские учреждения, школы и другие учебные заведения, магазины, учреждения культуры и общепита и другие системы жизнеобеспечения [3,21].

Крупные города характеризуются высокой плотностью электрических нагрузок - до 20-30 МВА/км² и большим количеством разнотипных потребителей, расположенных на ограниченной территории. Многие электроприемники относятся к первой категории, причем число таких приемников постоянно растет. К традиционным потребителям первой категории теперь добавились также вычислительные комплексы крупных банков, федеральные организации, крупнейшие магазины и др. [21].

Нарушение электроснабжения городов и промышленных центров сопровождается опасными для жизни и здоровья людей последствиями. Так, авария в Москве 23-26 мая 2005 года принесла значительные убытки – по официальным данным порядка 2 млрд. руб. [14].

Самыми крупными потребителями электроэнергии в коммунально-бытовом хозяйстве являются жилые дома. В них ежегодно расходуется в среднем 400 кВт·ч на человека, из которых примерно 280 кВт·ч потребляется внутри квартиры на освещение и бытовые приборы различного назначения и 120 кВт·ч – в установках инженерного оборудования и освещения общедомовых помещений. Внутриквартирное потребление электроэнергии составляет примерно 2000 кВт·ч – с электрической плитой. Для того чтобы

люди могли воспользоваться у себя дома благами цивилизации необходима качественно спроектированная и качественно выполненная работа по электроснабжению жилого сектора электроэнергией.

Цель работы – повышение надежности электроснабжения потребителей микрорайона Автозаводского района г.Тольятти.

В соответствии с поставленной целью задачами работы являются:

- анализ потребителей электрической энергии и существующей схемы электроснабжения микрорайона;
- разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения микрорайона;
- расчет заземления ТП 10/0,4 кВ;
- обоснование экономической эффективности работы.

1 Анализ потребителей электроэнергии и схемы электроснабжения микрорайона

Объектом проектирования является микрорайон Автозаводского района г. Тольятти (рисунок 11).

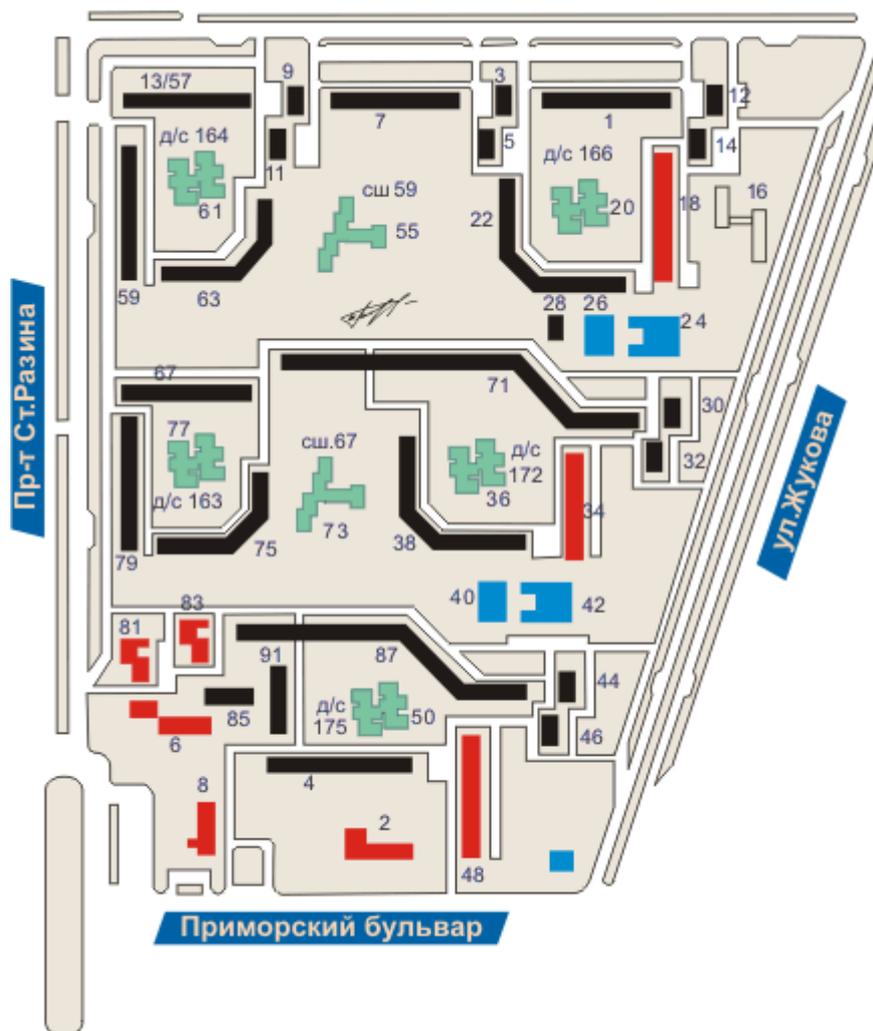


Рисунок 1.1 – План микрорайона Автозаводского района г.Тольятти

Район ограничен проспектом Степана Разина, ул. Фрунзе, ул. Жукова, Приморским бульваром. Микрорайон массово застраивался в 1980-1989 гг. В районе преимущественно расположены 9 и 16 этажные жилые дома, а также различные коммунально-бытовые потребители, а именно: административные, культурно-массовые, учебные, лечебные, торговые

предприятия, комбинаты бытового обслуживания, предприятия общественного питания и т.п.

Напряжение питания всех потребителей 0,4 кВ. По степени надежности электроснабжения здания относятся к I, II и III категории надежности [1,2].

К потребителям первой категории микрорайона относятся:

- МБУ «Лицей», расположенный по адресу – г. Тольятти, ул. Ст. Разина д. 75;

- МБУ «Школа №59», расположенная по адресу – г. Тольятти, ул. Степана Разина №65;

- Пожарная охрана г.Тольятти, пожарная часть 1, расположенная по адресу – г. Тольятти, Приморский бульвар д.6.

К потребителям второй категории микрорайона относятся:

- жилой дом 3 этажа, расположенные по адресу – г.Тольятти, ул. Маршала Жукова №24;

- жилой дом 4 этажа, расположенные по адресу – г.Тольятти, ул. Маршала Жукова №16;

- жилые дома 9 этажей, расположенные по адресу – г.Тольятти, ул. Фрунзе №1, ул. Фрунзе №7, ул.Фрунзе №13, ул. Маршала Жукова №18, ул. Маршала Жукова №22, Маршала Жукова №38, ул. Маршала Жукова №40б, ул. Маршала Жукова №44, ул. Маршала Жукова №48, Маршала Жукова №34, Приморский бульвар №4, проспект Степана Разина №59, проспект Степана Разина №61, проспект Степана Разина №67, проспект Степана Разина №71, проспект Степана Разина №75, проспект Степана Разина №77, проспект Степана Разина №79, проспект Степана Разина №85, проспект Степана Разина №87, проспект Степана Разина №91;

- жилые дома 14 этажей, расположенные по адресу – г.Тольятти, проспект Степана Разина №81, 83;

- жилые дома 16 этажей, расположенные по адресу – г.Тольятти, ул. Фрунзе №3, ул. Фрунзе №5, ул. Фрунзе №9, ул. Фрунзе №11, ул. Маршала Жукова №12, ул. Маршала Жукова №14, ул. ул. Маршала Жукова №30, ул.

Маршала Жукова №32, ул. Маршала Жукова №44, ул. Маршала Жукова №46;

- детские сады-ясли, расположенные по адресу – г.Тольятти, ул. Маршала Жукова №20, ул. Маршала Жукова №36, ул. Маршала Жукова №50, проспект Степана Разина №77, проспект Степана Разина №61;

- ГСК, расположенные по адресу – г.Тольятти, ул. Маршала Жукова №16а, ул. Маршала Жукова №32а, ул. Маршала Жукова №42а, ул. Маршала Жукова №48а, проспект Степана Разина №79 стр.1; проспект Степана Разина №63а;

- офисные здания, расположенные по адресу – г.Тольятти, Приморский бульвар №2, Приморский бульвар №2б, Приморский бульвар №4а, Приморский бульвар №8, ул. Маршала Жукова №26, ул. Маршала Жукова №40 и 40а, ул. Маршала Жукова №42;

- торговые центры, расположенные по адресу – г.Тольятти, ул. Маршала Жукова №28, ул. Степана Разина №79а;

- аптека, расположенная по адресу – г.Тольятти, ул. Степана Разина №59а;

- ресторан, расположенный по адресу – г.Тольятти, ул. Маршала Жукова №26а.

Потребители третьей категории микрорайона приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Потребители третьей категории микрорайона

Наименование потребителя	Адрес расположения потребителя
Магазины	Проспект Степана Разина №79в, ул. Степана Разина №59б, ул. Фрунзе №7а, ул. Маршала Жукова №24а, ул. Маршала Жукова №28а
Парикмахерские	Ул. Фрунзе №11а, ул. Маршала Жукова №26, Приморский бульвар №2
СТО, мойка	Ул. Маршала Жукова №46а

Внутреннее электроснабжение потребителей микрорайона №11 осуществляется от следующих трансформаторных подстанций ТП 10/0,4 кВ: ТП1, ТП2, ТП3, ТП4, ТП5, ТП6, ТП6а, ТП-6б. ТП1, ТП3 и ТП4 получают питание с шин 10 кВ РП-17, ТП2, ТП5, ТП6, ТП6а и ТПб получают питание с шин 10 кВ РП-15.

Электроснабжение микрорайона на стороне 10 кВ выполнено по двухлучевой магистральной схеме с элементами радиальной. Однако, применяемая схема электроснабжения микрорайона не автоматизирована, что отражается на надежности электроснабжения потребителей микрорайона.

Внешнее электроснабжение осуществляется от ГПП-2, обслуживаемой ЗАО «ССК», через шины 10 кВ РП-15 и РП-17б. Электроснабжение ГПП-2 осуществляется через воздушные линии 110 кВ от ТЭЦ ВАЗа.

Анализ электрооборудования, установленного на ТП и РП микрорайона:

ТП1

Трансформатор 2хТМ-630/10, установлен в 1977 г.

Разъединитель РВ-10, установлен в 1988 г.

Выключатели нагрузки ВНз-16 и ВНПз-17, установлены в 1988 г.

Автоматические выключатели АВМ-15Н и АВМ-10Н, установлены в 1993 г.

Рубильники РПС-2, РПС-4, Р-5 установлены в 1988 г.

Предохранители ПК-10/80, ПН-2/250, ПН-2/400, установлены в 2010 г.

ТП2

Трансформатор 2х ТМ-1600/10, установлен в 1987 г.

Разъединитель РВ-10, установлен в 1988 г.

Выключатели нагрузки ВНз-16 и ВНПз-17, установлены в 1988 г.

Автоматические выключатели АВМ-15Н и Э-25, установлены в 1992 г.

Рубильники РПС-2, РПС-4, Р-5, установлены в 1990 г.

Предохранители ПК-10/100, ПН-2/250, ПН-2/400, установлены в 2003г.

ТПЗ

Трансформатор 2х ТМ-1000/10, установлен в 1979 г.

Разъединитель РВ-10, установлен в 1990 г.

Выключатели нагрузки ВНз-16 и ВНПз-17, установлены в 1989 г.

Автоматические выключатели АВМ-15Н и АВМ-15с, установлены в 1993 г.

Рубильники РПС-2, РПС-4, Р-3545, установлены в 1990 г.

Предохранители ПК-10/100, ПН-2/250, ПН-2/400, установлены в 2001г.

ТП4

Трансформатор 2х ТМ-1000/10, установлен в 1978 г.

Разъединитель РВ-10, установлен в 1990 г.

Выключатели нагрузки ВНз-16 и ВНПз-17, установлены в 1990 г.

Автоматические выключатели АВМ-15Н и АВМ-15с, установлены в 1992 г.

Рубильники РПС-2, РПС-4, Р-3545, установлены в 1990 г.

Предохранители ПК-10/100, ПН-2/250, ПН-2/400, установлены в 2002г.

ТП5

Трансформатор 2х ТМ-1000/10, установлен в 1989 г.

Разъединители РВ-10, РВЗ-10, установлены в 1989 г.

Выключатели нагрузки ВНз-16 и ВНПз-17, установлены в 1990 г.

Автоматические выключатели АВМ-15Н и АВМ-15с, установлены в 1990 г.

Рубильники РПС-2, РПС-4, Р-3545, установлены в 1989 г.

Предохранители ПК-10/100, ПН-2/250, ПН-2/400, установлены в 2003г.

ТП6

Трансформатор 2х ТМ-630/10, установлен в 1976 г.

Разъединитель РВ-10, установлен в 1988 г.

Выключатели нагрузки ВНз-16 и ВНПз-17, установлены в 1988 г.

Автоматические выключатели АВМ-15Н и АВМ-10Н, установлены в 1990 г.

Рубильники РПС-2, РПС-4, РП-5, установлены в 1988 г.

Предохранители ПК-10/80, ПН-2/250, ПН-2/400, установлены в 2001 г.

ТП6а

Трансформатор 2х ТМ-400/10, установлен в 1978 г.

Разъединитель РВ-10, установлен в 1990 г.

Выключатели нагрузки ВНз-16 и ВНПз-17, установлены в 1990 г.

Автоматические выключатели АВМ-15Н, установлены в 1990 г.

Рубильники РПС-2, РПС-4, РП-5, установлены в 1990 г.

Предохранители ПК-10/40, ПН-2/250, ПН-2/400, установлены в 2002 г.

ТП6б

Трансформатор 2х ТМ-630/10, установлен в 1979 г.

Разъединитель РВ-10, установлен в 1989 г.

Выключатели нагрузки ВНПз-М1-10, установлены в 1993 г.

Автоматические выключатели ВА-55, установлены в 1993 г.

Рубильники РПС-2, РПС-4, РП-3545, установлены в 1998 г.

Предохранители ПК-10/80, ПН-2/250, ПН-2/400, установлены в 2002 г.

РП-15

Выключатели ВМГ-10, установлены в 1985 г.

Разъединители РВЗ-10 и РВФ-10, установлены в 1986 г.

Трансформаторы тока и напряжения ТПЛШ-10 и НТМИ-10, установлены в 1985 г.

Предохранители ПТК-10, установлены в 2003 г.

РП-17

Выключатели ВМГ-10, установлены в 1985 г.

Разъединители РВЗ-10 и РВ-10, установлены в 1885 г.

Трансформаторы тока и напряжения ТПЛШ-10 и НТМИ-10, установлены в 1970 г.

Предохранители ПТК-10, установлены в 2003 г.

Электрооборудование ТП1, ТП2, ТП3, ТП4, ТП5, ТП6, ТП6а, ТП6б, РП-15 и РП-17б в основном установлено в 70-х и 80-х годах XX века, морально устарело. На РП 10 кВ требуется также замена устаревших масляных выключателей ВМГ на современные вакуумные.

2 Предложения по реконструкции системы электроснабжения микрорайона Автозаводского района г.Тольятти

На основании выполненного анализа схемы электроснабжения и потребителей электроэнергии микрорайона разработаны следующие мероприятия по реконструкции системы электроснабжения микрорайона:

1. Электроснабжение микрорайона на стороне 10 кВ выполнено по двухлучевой магистральной схеме с элементами радиальной. Схему электроснабжения микрорайона на стороне 10 кВ оставляем неизменной, но т.к. существующая схема электроснабжения микрорайона не автоматизирована, поэтому на стороне 10 кВ применяем современные автоматизированные ТП 10/0,4 кВ, что позволит повысить надежность электроснабжения потребителей микрорайона;

2. Модернизация электрооборудования РП 10 кВ с заменой масляных выключателей на вакуумные;

3. Модернизация всех ТП 10/0,4 кВ микрорайона на современные блочно-модульные комплектные трансформаторные подстанции с заменой установленных силовых трансформаторов марки ТМ 10/0,4 кВ на новые и с заменой электрооборудования на современное автоматизированное на всех ТП 10/0,4 кВ микрорайона.

3 Определение расчетных нагрузок микрорайона

Расчет электрических нагрузок выполнен на основании данных ЗАО «СКК». Расчетные нагрузки по ТП 10/0,4 кВ:

ТП1

Ф.1 жилой сектор $I_A=120$ А, $I_B=130$ А, $I_C=160$ А

Ф.2 жилой сектор $I_A=120$ А, $I_B=110$ А, $I_C=140$ А

Ф.3 административные здания $I_A=55$ А, $I_B=75$ А, $I_C=80$ А

Ф.4 жилой сектор $I_A=130$ А, $I_B=130$ А, $I_C=15$ А

Ф.5 жилой сектор $I_A=130$ А, $I_B=120$ А, $I_C=110$ А

Ф.6 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.7 детский сад $I_A=40$ А, $I_B=35$ А, $I_C=40$ А

Ф.8 школа $I_A=120$ А, $I_B=135$ А, $I_C=140$ А

Ф.9 магазин $I_A=90$ А, $I_B=85$ А, $I_C=90$ А

Ф.10 жилой сектор $I_A=120$ А, $I_B=135$ А, $I_C=140$ А

Ф.11 жилой сектор $I_A=130$ А, $I_B=120$ А, $I_C=135$ А

Ф.12 жилой сектор $I_A=100$ А, $I_B=110$ А, $I_C=130$ А

Ф.13 банк $I_A=10$ А, $I_B=10$ А, $I_C=10$ А

Ф.14 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.15 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.16 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.17 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.18 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.19 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.20 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

$K_{3T1}=0,65$; $K_{3T2}=0,35$

ТП2

Ф.1 гараж $I_A=10$ А, $I_B=10$ А, $I_C=10$ А

Ф.2 жилой сектор $I_A=180$ А, $I_B=180$ А, $I_C=180$ А

Ф.3 жилой сектор $I_A=155$ А, $I_B=150$ А, $I_C=145$ А

Ф.4 жилой сектор $I_A=130$ А, $I_B=130$ А, $I_C=15$ А

Ф.5 жилой сектор $I_A=200$ А, $I_B=200$ А, $I_C=210$ А

Ф.6 детский сад $I_A=20$ А, $I_B=25$ А, $I_C=20$ А

Ф.7 лицей $I_A=140$ А, $I_B=135$ А, $I_C=130$ А

Ф.8 магазин $I_A=20$ А, $I_B=25$ А, $I_C=20$ А

Ф.9 гараж $I_A=5$ А, $I_B=5$ А, $I_C=5$ А

Ф.10 жилой сектор $I_A=120$ А, $I_B=135$ А, $I_C=140$ А

Ф.11 жилой сектор $I_A=210$ А, $I_B=200$ А, $I_C=205$ А

Ф.12 жилой сектор $I_A=110$ А, $I_B=120$ А, $I_C=120$ А

Ф.13 жилой сектор $I_A=110$ А, $I_B=110$ А, $I_C=100$ А

Ф.14 банк $I_A=90$ А, $I_B=100$ А, $I_C=95$ А

Ф.15 школа $I_A=80$ А, $I_B=90$ А, $I_C=80$ А

Ф.16 жилой сектор $I_A=110$ А, $I_B=110$ А, $I_C=100$ А

Ф.17 салон красоты $I_A=10$ А, $I_B=10$ А, $I_C=10$ А

Ф.18 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.19 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.20 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.21 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.22 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.23 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.24 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.25 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.26 резерв $I_A=0$ А, $I_B=0$ А, $I_C=0$ А

Ф.27 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.28 резерв $I_A = 100 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 100 \text{ A}$

Ф.29 резерв $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$

Ф.30 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

$K_{3T1} = 0,65$; $K_{3T2} = 0,23$

ТПЗ

Ф.1 офисное здание $I_A = 15 \text{ A}$, $I_B = 15 \text{ A}$, $I_C = 15 \text{ A}$

Ф.2 пожарное депо $I_A = 80 \text{ A}$, $I_B = 80 \text{ A}$, $I_C = 80 \text{ A}$

Ф.3 банк $I_A = 55 \text{ A}$, $I_B = 50 \text{ A}$, $I_C = 50 \text{ A}$

Ф.4 детский сад $I_A = 30 \text{ A}$, $I_B = 30 \text{ A}$, $I_C = 25 \text{ A}$

Ф.5 жилой сектор $I_A = 120 \text{ A}$, $I_B = 110$, $I_C = 110 \text{ A}$

Ф.6 жилой сектор $I_A = 120 \text{ A}$, $I_B = 125 \text{ A}$, $I_C = 120 \text{ A}$

Ф.7 магазин $I_A = 40 \text{ A}$, $I_B = 35 \text{ A}$, $I_C = 30 \text{ A}$

Ф.8 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 5 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.9 резерв $I_A = 5 \text{ A}$, $I_B = 5 \text{ A}$, $I_C = 5 \text{ A}$

Ф.10 жилой сектор $I_A = 120 \text{ A}$, $I_B = 135 \text{ A}$, $I_C = 140 \text{ A}$

Ф.11 жилой сектор $I_A = 110 \text{ A}$, $I_B = 100 \text{ A}$, $I_C = 105 \text{ A}$

Ф.12 жилой сектор $I_A = 110 \text{ A}$, $I_B = 120 \text{ A}$, $I_C = 120 \text{ A}$

Ф.13 жилой сектор $I_A = 100 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 105 \text{ A}$

Ф.14 офисное здание $I_A = 80 \text{ A}$, $I_B = 100 \text{ A}$, $I_C = 95 \text{ A}$

Ф.15 жилой сектор $I_A = 120 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 110 \text{ A}$

Ф.16 жилой сектор $I_A = 110 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 100 \text{ A}$

Ф.17 гараж $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$

Ф.18 гараж $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$

Ф.19 гараж $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 25 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$

Ф.20 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

- Ф.21 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.22 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.23 гараж $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
- Ф.24 банк $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 15 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$
- Ф.25 салон красоты $I_A = 30 \text{ A}$, $I_B = 35 \text{ A}$, $I_C = 40 \text{ A}$
- Ф.26 жилой сектор $I_A = 120 \text{ A}$, $I_B = 120 \text{ A}$, $I_C = 110 \text{ A}$
- Ф.27 жилой сектор $I_A = 100 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 110 \text{ A}$
- Ф.28 жилой сектор $I_A = 100 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 100 \text{ A}$
- Ф.29 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.30 резерв $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 30 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$
- $K_{3T1} = 0,35$; $K_{3T2} = 0,32$

ТП4

- Ф.1 лицей $I_A = 80 \text{ A}$, $I_B = 60 \text{ A}$, $I_C = 80 \text{ A}$
- Ф.2 жилой сектор $I_A = 100 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 110 \text{ A}$
- Ф.3 жилой сектор $I_A = 105 \text{ A}$, $I_B = 100 \text{ A}$, $I_C = 100 \text{ A}$
- Ф.4 жилой сектор $I_A = 130 \text{ A}$, $I_B = 130 \text{ A}$, $I_C = 15 \text{ A}$
- Ф.5 жилой сектор $I_A = 200 \text{ A}$, $I_B = 200 \text{ A}$, $I_C = 210 \text{ A}$
- Ф.6 офисное здание $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 25 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$
- Ф.7 жилой сектор $I_A = 140 \text{ A}$, $I_B = 135 \text{ A}$, $I_C = 130 \text{ A}$
- Ф.8 детский сад $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 25 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$
- Ф.9 школа $I_A = 95 \text{ A}$, $I_B = 100 \text{ A}$, $I_C = 110 \text{ A}$
- Ф.10 жилой сектор $I_A = 120 \text{ A}$, $I_B = 135 \text{ A}$, $I_C = 140 \text{ A}$
- Ф.11 жилой сектор $I_A = 110 \text{ A}$, $I_B = 100 \text{ A}$, $I_C = 105 \text{ A}$
- Ф.12 жилой сектор $I_A = 100 \text{ A}$, $I_B = 100 \text{ A}$, $I_C = 110 \text{ A}$
- Ф.13 жилой сектор $I_A = 105 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 105 \text{ A}$
- Ф.14 жилой сектор $I_A = 90 \text{ A}$, $I_B = 100 \text{ A}$, $I_C = 95 \text{ A}$

Ф.15 магазин $I_A = 80 \text{ A}$, $I_B = 90 \text{ A}$, $I_C = 80 \text{ A}$
Ф.16 жилой сектор $I_A = 110 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 100 \text{ A}$
Ф.17 пожарная охрана $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
Ф.18 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
Ф.19 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
Ф.20 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
Ф.21 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
Ф.22 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
Ф.23 – $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 20 \text{ A}$, $I_C = 15 \text{ A}$
Ф.24 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
Ф.25 магазин $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 20 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$
Ф.26 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
Ф.27 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
Ф.28 резерв $I_A = 30 \text{ A}$, $I_B = 30 \text{ A}$, $I_C = 40 \text{ A}$
Ф.29 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
Ф.30 офисное здание $I_A = 70 \text{ A}$, $I_B = 80 \text{ A}$, $I_C = 90 \text{ A}$
 $K_{3T1} = 0,81$; $K_{3T2} = 0,31$

ТП5

Ф.1 гараж $I_A = 15 \text{ A}$, $I_B = 15 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
Ф.2 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
Ф.3 пожарная охрана $I_A = 25 \text{ A}$, $I_B = 25 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$
Ф.4 магазин $I_A = 30 \text{ A}$, $I_B = 30 \text{ A}$, $I_C = 25 \text{ A}$
Ф.5 жилой сектор $I_A = 210 \text{ A}$, $I_B = 220 \text{ A}$, $I_C = 210 \text{ A}$
Ф.6 банк $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
Ф.7 жилой сектор $I_A = 140 \text{ A}$, $I_B = 135 \text{ A}$, $I_C = 140 \text{ A}$
Ф.8 детский сад $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 35 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$

- Ф.9 жилой сектор $I_A = 100 \text{ A}$, $I_B = 100 \text{ A}$, $I_C = 90 \text{ A}$
- Ф.10 жилой сектор $I_A = 90 \text{ A}$, $I_B = 90 \text{ A}$, $I_C = 90 \text{ A}$
- Ф.11 магазин $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 15 \text{ A}$
- Ф.12 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.13 магазин $I_A = 35 \text{ A}$, $I_B = 35 \text{ A}$, $I_C = 35 \text{ A}$
- Ф.14 салон красоты $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
- Ф.15 жилой сектор $I_A = 140 \text{ A}$, $I_B = 140 \text{ A}$, $I_C = 130 \text{ A}$
- Ф.16 гараж $I_A = 5 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
- Ф.17 офис $I_A = 5 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
- Ф.18 офис $I_A = 5 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
- Ф.19 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.20 освещение $I_A = 115 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 110 \text{ A}$
- Ф.21 жилой сектор $I_A = 50 \text{ A}$, $I_B = 60 \text{ A}$, $I_C = 50 \text{ A}$
- Ф.22 жилой сектор $I_A = 110 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 010 \text{ A}$
- Ф.23 гараж $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
- Ф.24 жилой сектор $I_A = 65 \text{ A}$, $I_B = 60 \text{ A}$, $I_C = 70 \text{ A}$
- $K_{3T1} = 0,60$; $K_{3T2} = 0,38$

ТП6

- Ф.1 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.2 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.3 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.4 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.5 резерв $I_A = 30 \text{ A}$, $I_B = 30$, $I_C = 20 \text{ A}$
- Ф.6 освещение $I_A = 110 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 120 \text{ A}$
- Ф.7 –резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.8 – жилой сектор $I_A = 110 \text{ A}$, $I_B = 115 \text{ A}$, $I_C = 110 \text{ A}$

- Ф.9 офисное здание $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
- Ф.10 школа $I_A = 90 \text{ A}$, $I_B = 95 \text{ A}$, $I_C = 100 \text{ A}$
- Ф.11 жилой сектор $I_A = 55 \text{ A}$, $I_B = 60 \text{ A}$, $I_C = 55 \text{ A}$
- Ф.12 жилой сектор $I_A = 100 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 130 \text{ A}$
- Ф.13 жилой сектор $I_A = 150 \text{ A}$, $I_B = 140 \text{ A}$, $I_C = 150 \text{ A}$
- Ф.14 жилой сектор $I_A = 130 \text{ A}$, $I_B = 120 \text{ A}$, $I_C = 130 \text{ A}$
- Ф.15 детский сад $I_A = 30 \text{ A}$, $I_B = 30 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$
- Ф.16 гараж $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$
- Ф.17 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.18 жилой сектор $I_A = 170 \text{ A}$, $I_B = 180 \text{ A}$, $I_C = 190 \text{ A}$
- Ф.19 ВРУ $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 20 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$
- Ф.20 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- $K_{3T1} = 0,25$; $K_{3T2} = 0,65$

ТП6а

- Ф.1 ВРУ $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 30 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$
- Ф.2 жилой сектор $I_A = 120 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 140 \text{ A}$
- Ф.3 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.4 жилой сектор $I_A = 100 \text{ A}$, $I_B = 110 \text{ A}$, $I_C = 115 \text{ A}$
- Ф.5 жилой сектор $I_A = 130 \text{ A}$, $I_B = 120 \text{ A}$, $I_C = 110 \text{ A}$
- Ф.6 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.7 освещение $I_A = 40 \text{ A}$, $I_B = 35 \text{ A}$, $I_C = 40 \text{ A}$
- Ф.8 жилой сектор $I_A = 120 \text{ A}$, $I_B = 135 \text{ A}$, $I_C = 140 \text{ A}$
- Ф.9 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$
- Ф.10 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 15 \text{ A}$
- Ф.11 гараж $I_A = 30 \text{ A}$, $I_B = 20 \text{ A}$, $I_C = 35 \text{ A}$
- Ф.12 СП $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 20 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$

Ф.13 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.14 резерв $I_A = 20 \text{ A}$, $I_B = 20 \text{ A}$, $I_C = 15 \text{ A}$

Ф.15 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.16 СП $I_A = 40 \text{ A}$, $I_B = 50 \text{ A}$, $I_C = 40 \text{ A}$

$K_{3T1} = 0,26$; $K_{3T2} = 0,15$

ТП66

Ф.1 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.2 гараж $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 20 \text{ A}$

Ф.3 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.4 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.5 БУ $I_A = 30 \text{ A}$, $I_B = 40 \text{ A}$, $I_C = 30 \text{ A}$

Ф.6 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.7 жилой сектор $I_A = 90 \text{ A}$, $I_B = 9 \text{ A}$, $I_C = 90 \text{ A}$

Ф.8 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.9 жилой сектор $I_A = 90 \text{ A}$, $I_B = 85 \text{ A}$, $I_C = 90 \text{ A}$

Ф.10 ВРУ $I_A = 10 \text{ A}$, $I_B = 10 \text{ A}$, $I_C = 10 \text{ A}$

Ф.11 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.12 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.13 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.14 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.15 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

Ф.16 резерв $I_A = 0 \text{ A}$, $I_B = 0 \text{ A}$, $I_C = 0 \text{ A}$

$K_{3T1} = 0,15$; $K_{3T2} = 0,12$

На основании данных ЗАО «СКК» по электрическим нагрузкам на основании данных выполним выбор ТП 10/0,4 кВ микрорайона.

4 Выбор числа и мощности трансформаторов ТП 10/0,4 кВ

Городские электрические сети, объединяющие для совместной работы потребителей энергии и источники мощности, характеризуются сложностью взаимосвязей элементов. В силу этих взаимосвязей изменение параметров какого-либо элемента сети вызывает изменение параметров других элементов, что в конечном итоге отражается на величине затрат и технико-экономических показателях всей системы электроснабжения [3,14].

Технико-экономическая зависимость параметров отдельных элементов сети между собой наиболее полно проявляется при выборе оптимальной нагрузки ТП. При заданной нагрузке потребителей сети низшего напряжения в зависимости от принятой мощности ТП изменяется их число и размещение, следовательно, изменяется схема, конфигурация и параметры распределительной сети 10 кВ. При этом технико-экономические показатели одних элементов улучшаются, а других - ухудшаются.

Например, при увеличении мощности ТП уменьшаются суммарные капиталовложения в подстанции вследствие сокращения их числа и укрупнения трансформаторов. Снижаются также затраты и улучшаются технико-экономические показатели распределительной сети 10 кВ вследствие уменьшения их протяженности, повышения использования пропускной способности, тогда как затраты на распределительные сети до 1 кВ увеличиваются из-за роста их суммарной протяженности.

При уменьшении мощности ТП, наоборот, технико-экономические показатели ТП и распределительных сетей 10 кВ ухудшаются, а показатели сетей до 1 кВ улучшаются.

Таким образом, оптимизация мощности ТП имеет важное экономическое значение для выбора рациональной схемы и конфигурации городских электрических сетей. Решение этой задачи требует рассмотрения различных вариантов построения сети с различным числом ТП и сравнения их по величине суммарных приведенных затрат. Такие сравнения проводятся с учетом

соответствующих требований к надежности системы, качеству электроснабжения, принимаемым одинаковыми для всех вариантов. Расчеты показывают, что на оптимальную мощность ТП значительное влияние оказывает технико-экономические показатели распределительных сетей до 1 кВ и самих подстанций, существенно меньше показатели сетей 10 кВ.

Оптимальная мощность ТП определяется по плотности нагрузки микрорайона σ :

$$\sigma = \frac{P_{ТП1} + P_{ТП2} + P_{ТП3} + P_{ТП4} + P_{ТП5} + P_{ТП6} + P_{ТП6a} + P_{ТП6б}}{F \cdot \cos\varphi};$$

$$\sigma = \frac{4871.2}{1000 \times 0,95} = 5,05 \text{ МВА/м}^2.$$

В микрорайоне преобладают потребители 2 категории, поэтому в соответствии с требованиями [1] выбираем двухтрансформаторные подстанцию. Согласно [4] для районов многоэтажной застройки (9 этажей и выше) при расчетной плотности нагрузки 5,05 МВА/км² оптимальная мощность двухтрансформаторных подстанций - 630 и 1000 кВА.

Для двухтрансформаторной подстанции, исходя из допустимой аварийной перегрузки (40%), используем приближённое выражение для определения номинальной мощности трансформатора [12] с учетом того, что известны расчетные токовые нагрузки:

$$S_{нТ} = 0,7 \cdot S_{\max ТП} = 0,7 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_p$$

где I_p – значение расчетного тока наиболее загруженной фазы ТП; U_n – номинальное напряжение расчетной ступени, $U_n = 10,5$ кВ.

Подробно выполним выбор трансформаторов ТП1.

$$S_{\text{ном Т}} \geq \frac{772,3 \cdot 0,8}{1,4(2-1)} = 441 \text{ кВА.}$$

Выбираем трансформатор ТМГ - 630/10/0,4 [12] с паспортными данными:

$U_{\text{ВН}} = 10,5 \text{ кВ}$, $U_{\text{НН}} = 0,4 \text{ кВ}$, $U_{\text{кз}} = 5,5\%$, $\Delta P_{\text{кз}} = 5,5 \text{ кВт}$, $\Delta P_{\text{хх}} = 1,52 \text{ кВт}$, $I_{\text{хх}} = 2\%$, $\Delta Q_{\text{хх}} = 14,6 \text{ квар}$.

Расчет нагрузок для ТП1 выполним по данным токовых нагрузок диспетчерской службы ЗАО «СКК».

Потребляемая мощность:

$$W = \sum P_{in} \cdot t_i = 732,17 \cdot 1050 + 570 \cdot 1500 + 425 \cdot 1560 + 390 \cdot 770 + 250 \cdot 620 + 925 \cdot 170 + 685 \cdot 750 + 155 \cdot 1150 + 150 \cdot 490 = 1053 \text{ МВт}\cdot\text{ч.}$$

Продолжительность максимальной годовой нагрузки и коэффициент заполнения графика нагрузки:

$$T_{\text{max}} = \frac{W}{P_{\text{max}}}.$$

$$T_{\text{max}} = 4277,9 \text{ ч};$$

$$k_{\text{зан}} = 4277,9 / 8760 = 0,48.$$

Расчетные данные по потерям электроэнергии в трансформаторах сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет потери электроэнергии в трансформаторах ТМ 630/6

№ ступени	S_i кВА	n_i	T_i ч	ΔW_{xi} кВт·ч	κ_3	ΔW_k кВт·ч
1	732	2	1050	3521	0,58	1732
2	685	2	1500	2092	0,48	1523
3	570	2	1560	2033	0,54	1428
4	425	2	770	1990	0,51	1024
5	390	1	620	1362	0,46	848
6	250	1	870	1297	0,39	773
7	170	1	750	1075	0,31	529
8	155	1	1150	965	0,18	427
9	150	1	490	686	0,1	115
Σ				30041		8399
$\Sigma\Pi$				60082		16796

Проверим трансформаторы ТП на перегрузочную способность:

- определим коэффициент перегрузки

$$K_{пер} = \frac{S_{ном} \cdot n}{S_m} = \frac{630 \cdot 2}{772,3} \geq 1,0.$$

Т.к. $K_{пер} \geq 1$, то силовые трансформаторы ТП не испытывают систематической перегрузки и проверка на аварийную перегрузку не требуется [14].

К установке принимаем двухтрансформаторную ТП с трансформаторами типа ТМГ-630/10/0,4.

Для остальных ТП 10/0,4 кВ Автозаводского микрорайона г. Тольятти выбор трансформаторов выполняется аналогично.

Выбор числа и мощности трансформаторов ТП 10/0,4 кВ в соответствии с расчетными токовыми нагрузками ТП 10/0,4 кВ микрорайона Автозаводского района г. Тольятти приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Выбор числа и мощности трансформаторов ТП 10/0,4 кВ

Наименование ТП	Тип трансформатора	Число
ТП1	ТМГ-630/10	2
ТП2	ТМГ-1000/10	2
ТП3	ТМГ-1000/10	2
ТП4	ТМГ-1000/10	2
ТП5	ТМГ-1000/10	2
ТП6	ТМГ-630/10	2
ТП6а	ТМГ-400/10	2
ТП6б	ТМГ-630/10	2

5 Технические решения по реконструкции системы электроснабжения микрорайона. Выбор блочных комплектных трансформаторных подстанций

Конструкция блока блочной комплектной трансформаторной подстанции (БКТП) представляет собой объемный железобетонный корпус из бетона, состоящий из плиты основания и монолитного объемного блок - контейнера (рисунок 5.1) [15,19].

В блок - контейнере устанавливается следующее электрооборудование:

1. Распределительное устройство высокого напряжения РУВН-6 кВ или РУВН-10 кВ;
2. Распределительное устройство низкого напряжения РУНН-0,4 кВ;
3. Силовые трансформаторы ТМ, ТМГ, ТМЗ, ТСЗ, ТСЗН.



Рисунок 5.1 – Внешний вид БКТП ООО «Модуль»

Технические характеристики БКТП приведены в таблице 5.1 [15-18].

Таблица 5.1-Технические характеристики БКТП

Технические характеристики	Значение
$S_{\text{номТ}}$, кВА	100 – 2500
$U_{\text{номВН}}$, кВ	6 или 10
$U_{\text{номНН}}$, кВ	0,4
Класс здания подстанций БКТП	2
Степень огнестойкости по СНиП 21-01-97	3
$I_{\text{номНН}}$, А	250 - 2500
I_t , кА	20
$i_{\text{пр.с}}$, кА	51
Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1-76	Нормальная
Уровень внешней изоляции по ГОСТ 9920-75	Нормальная категория
Способ выполнения нейтрали ВН	Изолированная
Способ выполнения нейтрали НН	Глухозаземленная
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150	У1, УХЛ1
T_t , лет	Не менее 25

В работе рассмотрены следующие производители БКТП:

- компания ООО «МИТЭК» г. Санкт-Петербург, которая является официальным дилером Минского электротехнического завода;
- ЗАО «Группа компаний «Электроцит»-ТМ Самара» г. Самара, которая занимается собственным производством трансформаторных подстанций, высоковольтного и низковольтного электрооборудования;
- ООО «Модуль» г. Екатеринбург – занимается проектированием и производством блочных комплектных трансформаторных подстанций, распределительных пунктов, низковольтных устройств и пр.;

- ООО «БНК» - электротехнический завод по производству трансформаторных подстанций и комплектных распределительных устройств в классе напряжения до 35 кВ.

На основании выполненного анализа технических характеристик БКТП всех поставщиков сделан следующий вывод: в качестве поставщика оборудования выбрано ООО «Модуль» г. Екатеринбург, являющимся лидером на отечественном рынке по производству БКТП, БКРП [15].

6 Расчет токов короткого замыкания

Для выбора и проверки электрооборудования схемы электроснабжения микрорайона, питающих и распределительных сетей выполним расчет токов КЗ. Расчет токов КЗ выполнен согласно [6, 11]. Расчетная схема и схема замещения электрической сети микрорайона для ТП1 приведены на рисунках 6.1 и 6.2.

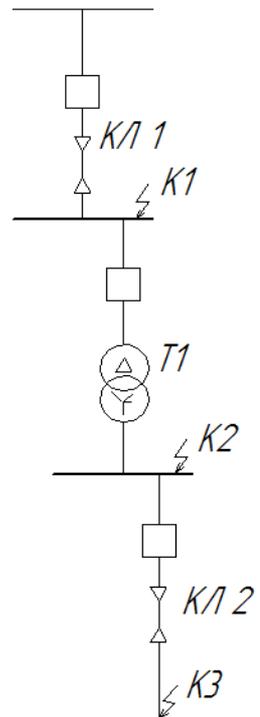


Рисунок 6.1 - Расчетная схема электрической сети микрорайона для ТП1

Расчетные характеристики расчетной схемы замещения:

Т1 трансформатор ТМГ-630/10/0,4: $U_K = 6\%$

КЛ1 кабельная линия КЛ 10 кВ марки ААШв (3x150)

КЛ2 кабельная линия КЛ 0,4 кВ марки АВВГ (4x150)

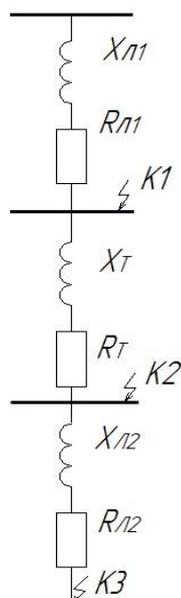


Рисунок 6.2 – Схема замещения электрической сети микрорайона для расчета токов КЗ

В таблице 6.1 приведены удельные сопротивления жил в зависимости от напряжения и сечения кабеля.

Таблица 6.1 – Удельные сопротивления кабельных линий

Марка КЛ	$r_0, \text{Ом/км}$	$x_0, \text{Ом/км}$
КЛ 1 ААШв 10 кВ, 3x150	0,631	0,34
КЛ2 ААВГ 0,4 кВ 4x150	0,326	0,0602

Сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_{\max \text{ К.З}}^{(3)}} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 4244} = 1,428 \text{ Ом};$$

Сопротивление питающей линии КЛ 10 кВ:

$$r_{\text{КЛ1}} = r_0 \cdot l_{\text{КЛ1}} = 0,631 \cdot 0,942 = 0,593 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{КЛ1}} = x_0 \cdot l_{\text{КЛ1}} = 0,34 \cdot 0,942 = 0,369 \text{ Ом},$$

Эквивалентное сопротивление в точке К1

$$z_{\text{э,к1}} = \sqrt{r_{\text{кЛ1}}^2 + (x_{\text{кЛ1}} + x_c)^2} = \\ = \sqrt{0,593^2 + (0,369 + 1,428)^2} = 1,91 \text{ Ом.}$$

Расчетный ток КЗ в точке К1:

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot z_{\text{э,к1}}} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 1,91} = 12,79 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ в точке К1:

$$i_{\text{уд}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{к}}^{(3)} \cdot K_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 12,79 \cdot 1,41 = 21,7 \text{ кА,}$$

где $K_{\text{уд}}$ – ударный коэффициент, $K_{\text{уд}} = 1,41$ [14].

Сопротивление системы, приведенное к ступени 0,4кВ:

$$x_c = \frac{U_{\text{ВН}}^2}{S_{\text{кз.с}}^{(3)}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \right)^2 = \frac{400^2}{57,7 \cdot 10^6} = 2,77 \text{ мОм;}$$

Сопротивление трансформатора БКТП:

$$r_T = \frac{\Delta P_{\text{к}} \cdot U_{\text{н}}^2}{S_{\text{н}}^2} = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{630^2} = 0,0055 \text{ мОм,}$$

где $\Delta P_{\text{к}} = 5,5$ кВт;

$$z_T = \frac{U_{\%} \cdot U_H^2}{100 \cdot S_H} = \frac{4,5 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 630} = 0,018 \text{ мОм};$$

$$x_T = \sqrt{z^2 - r^2} = \sqrt{0,018^2 - 0,0055^2} = 0,017 \text{ мОм}.$$

Сопротивление КЛ 0,4 кВ:

$$r_{кл2} = \frac{r_0 \cdot l_{кл}}{2} = \frac{0,326 \cdot 0,145}{2} = 0,023 \text{ Ом} = 23 \text{ мОм};$$

$$x_{кл2} = \frac{x_0 \cdot l}{2} = \frac{0,0602 \cdot 0,145}{2} = 0,004 \text{ Ом} = 4 \text{ мОм}.$$

Точка К2

$$x_{\Sigma K2} = x_c + x_{КЛ1} + x_m = 2,77 + 4 = 6,77 \text{ мОм}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_m + r_{КЛ1} = 0,055 \text{ мОм}$$

$$z_{\Sigma K2} = \sqrt{r_{\Sigma K2}^2 + x_{\Sigma K2}^2} = \sqrt{0,055^2 + 6,77^2} = 6,77 \text{ мОм}.$$

Расчетный ток трехфазного КЗ в точке К2:

$$I_{к2} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma}}$$

$$I_{к2} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,00677} = 25 \text{ кА} = 25 \text{ кА}.$$

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot I_{к2} \cdot k_{уд}$$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 25 = 42,43$$

Точка К3

$$x_{\Sigma K3} = x_c + x_{KL1} + x_m + x_{KL2} = 0,616 \text{ Ом}$$

$$r_{\Sigma K3} = r_{KL1} + r_m + r_{KL2} = 0,151 \text{ Ом}$$

$$I_{K3} = \frac{U_0}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma}}$$

$$I_{K3} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,163} = 1,42 \text{ кА}$$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} \cdot I_{K3} \cdot k_{уд}$$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} \cdot 1,42 \cdot 1,1 = 2,2 \text{ кА}$$

Расчетные значения токов КЗ сведены в таблицу 6.2.

Таблица 6,2 – Расчетные значения токов КЗ

Вид КЗ	Расчетная точка КЗ	Напряжение, кВ	Ударный коэффициент	Трехфазный ток КЗ, кА	Ударный ток КЗ, кА
Металл.	К1	10	1,41	12,79	21,4
	К2	0,4	1,2	25,0	42,43
	К3	0,4	1,1	1,42	2,2

7 Выбор и проверка электрооборудования 10 кВ и 0,4 кВ

7.1 Выбор электрооборудования 10 кВ

На стороне высшего напряжения 10 кВ в БКТП производства компании ООО «Модуль» устанавливается комплектное элегазовое распределительное устройство типа «КРП» производства компании «ABB» [21] (рисунок 7.1).



Рисунок 7.1 – Комплектное распределительное устройство
КРП

«КРП» состоит из модулей, которые собираются в моноблоки А и В. В «КРП» для защиты трансформатора используется либо комбинация выключатель нагрузки и предохранитель, либо силовой выключатель с устройством релейной защиты.

«КРП» обладает следующими преимуществами:

-безремонтный срок эксплуатации 25 лет;

- удобство монтажа;
- современное коммутационное оборудование;
- удобство подключения кабелей 10 кВ и 0,4 кВ;
- простота обслуживания;
- возможность испытания и определения места повреждения кабеля без его отсоединения от распределительного устройства.

-подключение дополнительных моноблоков к уже установленному оборудованию.

Подробный выбор электрооборудования выполним для ТП1.

Выбор и проверка выключателя нагрузки защиты трансформатора приведена в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Выбор и проверка выключателя нагрузки

Наименование величины	Расчетные данные	Каталожные данные	Единица измерения
Номинальное напряжение	10	12	кВ
Номинальный ток	50,9	400	А
Номинальный ток отключения	12,79	20	кА
Динамическая стойкость	21,4	51	кА
Термическая стойкость	3,72	128	кА ² с

К установке распределительное устройстве РУВН-10 БКТП принимаем выключатель нагрузки ВНПз-16 с предохранителями ПК -10.

7.2 Выбор электрооборудования 0,4 кВ

На стороне 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ к установке принимаем комплектное распределительное устройство типа РУНН производства компании ООО «Модуль» [15], который представляет собой каркас, собранный с помощью болтовых соединений из металлических узлов и профилей.

Выбор и проверка автоматического выключателя на вводе на стороне 0,4 кВ для ТП1 приведен в таблице 7.2.

Таблица 7.2 - Выбор и проверка вводного автоматического выключателя

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	0,4 кВ	0,4 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	1273 А	1600 А
$I_{н.т.о} \geq I_{к'}$	25 кА	80 кА
$i_y < i_{пр.с,}$	42,43 кА	101 кА
$I_{пр.тер}^2 \cdot t_{тер.} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{ф}$	1875 кА ² с	30603 кА ² с

К установке принимаем автоматические выключатели типа ВА-КРП – 1600, встроенные в РУНН 0,4 кВ БКТП [5], установленные в яч.2 и яч.13 БКТП.

Выбор секционных автоматических выключателей щ,4 кВ для ТП1 приведен в таблице 7.3.

Таблица 7.3 - Выбор и проверка секционного автоматического выключателя

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	0,4 кВ	0,4 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	909 А	1600 А
$I_{н.т.о} \geq I_{к'}$	25 кА	80 кА
$i_y < i_{пр.с,}$	42,43 кА	101 кА
$I_{пр.тер}^2 \cdot t_{тер.} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{ф}$	1875 кА ² с	30603 кА ² с

К установке принимаем автоматические выключатели типа ВА-КРП – 1600, встроенные в РУНН 0,4 кВ БКТП [5], установленные в яч.11 и яч.12 БКТП.

На отходящих фидерах принимаем к установке:

На отходящих фидерах 0,4 кВ принимаем к установке автоматические выключатели:

- фидер 1 ВА-400 с $I_{рн} = 400 \text{ А}$;
- фидер 3 ВА-100 с $I_{рн} = 100 \text{ А}$;
- фидер 5 ВА-100 с $I_{рн} = 100 \text{ А}$;
- фидер 6 ВА-100 с $I_{рн} = 100 \text{ А}$;
- фидер 7 ВА-400 с $I_{рн} = 400 \text{ А}$;
- фидер 8 ВА-400 с $I_{рн} = 400 \text{ А}$;
- фидер 9 ВА-400 с $I_{рн} = 400 \text{ А}$;
- фидер 10 ВА-100 с $I_{рн} = 100 \text{ А}$;
- фидер 14 ВА-100 с $I_{рн} = 100 \text{ А}$;
- фидер 15 ВА-100 с $I_{рн} = 100 \text{ А}$;
- фидер 16 ВА-400 с $I_{рн} = 400 \text{ А}$;
- фидер 17 ВА-400 с $I_{рн} = 400 \text{ А}$;
- фидер 18 ВА-400 с $I_{рн} = 400 \text{ А}$;
- фидер 19 ВА-100 с $I_{рн} = 100 \text{ А}$;
- фидер 20 ВА-100 с $I_{рн} = 100 \text{ А}$.

Выбор и проверка рубильников для ТП1 на стороне 0,4 кВ приведена в таблице 7.4.

Таблица 7.4 - Выбор и проверка рубильника

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	0,4 кВ	0,4 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	1273 А	1600 А
$i_y < i_{пр.с,}$	42,43 кА	80 кА
$I_{пр.тер}^2 \cdot t_{тер.} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{ф}$	1875 кА ² с	4800 кА ² с

К установке принимаем рубильники типа РЕ 19-45, встроенные в РУНН 0,4 кВ БКТП [5], установленные в яч.2 и яч.13 БКТП.

Выбор электрооборудования комплектного распределительного устройства 0,4 кВ для остальных ТП 10/0,4 кВ микрорайона сведен в таблицу 7.5.

Таблица 7.5 – Выбор электрооборудования ячейки РУНН 0,4 кВ трансформатора 10/0,4 кВ

Трансформаторная подстанция	Тип автоматического выключателя	Тип рубильника
ТП1	ВА-КРП-1600	РЕ 19-43
ТП2	ВА-КРП-2500	РЕ 19-45
ТП3	ВА-КРП-2500	РЕ 19-45
ТП4	ВА-КРП-2500	РЕ 19-45
ТП5	ВА-КРП-2500	РЕ 19-45
ТП6	ВА-КРП-1600	РЕ 19-43
ТП6а	ВА-КРП-1000	РЕ 19-39
ТП6б	ВА-КРП-1600	РЕ 19-43

Выбор и проверка рубильников для отходящих фидеров 0,4 кВ приведена в таблице 7.6.

Таблица 7.6– Выбор электрооборудования для фидеров 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ микрорайона

№ ТП	№ фидера	Тип рубильника	Тип предохранителя
ТП1	Нечетные № 1-19	XLBM 1 1р	ABB OF2H250/250A
	Четные № 2-20	XLBM 2 1р	ABB OF2H400/400A
ТП2	Нечетные № 1-31	XLBM 1 1р	ABB OF2H250/250A
	Четные № 2-32	XLBM 2 1р	ABB OF2H400/400A
ТП3	Нечетные № 1-31	XLBM 1 1р	ABB OF2H250/250A
	Четные № 2-32	XLBM 2 1р	ABB OF2H400/400A
ТП4	Нечетные № 1-29	XLBM 1 1р	ABB OF2H250/250A
	Четные № 2-30	XLBM 2 1р	ABB OF2H400/400A
ТП5	Нечетные № 1-23	XLBM 1 1р	ABB OF2H250/250A
	Четные № 2-24	XLBM 2 1р	ABB OF2H400/400A
ТП6	Нечетные № 1-19	XLBM 1 1р	ABB OF2H250/250A
	Нечетные № 1-19	XLBM 1 1р	ABB OF2H250/250A

Продолжение таблицы 7.6

№ ТП	№ фидера	Тип рубильника	Тип предохранителя
ТП6а	Нечетные № 1-23	XLBM 1 1р	ABB OF2H250/250A
	Четные № 2-24	XLBM 2 1р	ABB OF2H400/400A
ТП6б	Нечетные № 1-15	XLBM 1 1р	ABB OF2H250/250A
	Четные № 2-16	XLBM 2 1р	ABB OF2H400/400A

8 Выбор релейной защиты и автоматики БКТП 10/0,4 кВ

8.1 Выбор релейной защиты БКТП 10/0,4 кВ

Для релейной защиты питающих кабельных линий 10 кВ на РП 10 кВ примем к установке трансформаторы тока типа ТЛК-10 с $I_n = 300\text{А}$ [20]. Алгоритм расчета МТЗ КЛ 10 кВ согласно [8] сведен в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 - Алгоритм расчета МТЗ для питающей КЛ 10 кВ

Расчетный параметр МТЗ КЛ 10 кВ	Значение
$I_{с.з} = \frac{k_n \cdot k_{с.з}}{k_B} \cdot I_{p.max}$	396 А
$I_{с.р} = \frac{I_{с.з} \cdot k_{сх}}{n_{ТТ}}$	6,6 А
$k_{ч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз}^{(3)}}{I_{с.з}}$ $k_{ч} \geq 1,5$ [1]	47,6

В таблице 8.1:

$k_n = 1,2$ - коэффициент надежности;

$k_{с.з} = 1,2$ - коэффициент самозапуска;

$k_B = 0,8$ - коэффициент возврата реле.

Результаты расчета МТЗ для питающих кабельных линий 10 кВ микрорайона Автозаводского района г. Тольятти сведены в таблицу 8.2.

Таблица 8.2 – Результаты расчета МТЗ для линий 10 кВ

КЛ 10 кВ	ТТ	I_n, A	$I_{сз}, A$	$I_{ср}, A$	$K_{ч}$
КЛ1	ТЛК-10	300	382	6,1/7	42,15
КЛ2	ТЛК-10	300	486	8,1/9	41,15
КЛ3	ТЛК-10	300	423	7,9/8	38,97
КЛ4	ТЛК-10	300	322	6,6/7	43,12
КЛ5	ТЛК-10	300	389	6,9/7	38,92
КЛ6	ТЛК-10	300	371	6/6	41,73
КЛ7	ТЛК-10	300	382	7,8/8	29,16
КЛ8	ТЛК-10	300	346	7,1/8	32,83
КЛ9	ТЛК-10	300	450	7,9/8	39,15

8.2 Выбор автоматики БКТП 10/0,4 кВ

Автоматический ввод резерва (АВР) предназначено для осуществления автоматического взаимного резервирования питания секций (сборок) низкого напряжения двухсекционной (двухлучевой) комплектной трансформаторной подстанции.

Для АВР на стороне 0,4 кВ всех ТП 10/0,4 кВ устанавливаем:

- выключатели ВА-КРП-1600.

Все выключатели имеют моторный привод электромагнит включения, независимый расцепитель для отключения и электронный расцепитель максимального тока, имеющий обратно зависимость от тока выдержку времени. Спецификация элементов шкафов АВР 0,4 приведена в таблице 8.3.

Таблица 8.3 - Спецификация элементов шкафов АВР 0,4

Позиционное обозначение	Вид оборудования	Тип оборудования	Кол-во, шт
QF1, QF2	Автоматический выключатель	ВА-КРП-1600	2
QF3	Автоматический выключатель	ВА-КРП-1000	1
QF4, QF5	Автоматический выключатель	ВА47 -29	2
QF6, QF7	Автоматический выключатель	ВА47-29	2
1КТ, 2КТ	Реле времени	РЭВ-201	2
SA	Переключатель		1
KL, KL1, KL2	Реле промежуточное Разъем	РЭК78/4 3А 230В АС. РРМ78/4	3 3
1KSV, 2KSV	Реле	РНПП-311	2

9 Расчет защитного заземления БКТП 10/0,4 кВ

Защитное заземление БКТП 10/0,4 кВ выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.030-2001 [4].

Расчет выполнен для ТП1. Исходные данные для ТП1 Автозаводского микрорайона приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Исходные данные

Наименование данного	Значения
Длина и диаметр стержней для вертикального заземлителя	$l = 2 \text{ м}, d = 16 \text{ мм}$
Расстояние между стержнями	$a = 10 \text{ м}$
Сопrotивление заземлителя [1]	$R_3 = 4 \text{ Ом}$
Размеры горизонтального заземлителя	40 x 4 мм
Глубина заложения горизонтальной полосы	$h = 0,5 \text{ м}$
Периметр ТП	12 м
Удельное сопротивление грунта	$\rho = 150 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

Расчет по методике [1,4] приведен в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Расчет заземления ТП1

Расчетный показатель	Значение
1	2
$R_{o.в.з.} = \frac{\rho_{p.в.}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right)$	69,1 Ом
$N = \frac{R_{o.в.з.}}{K_{u.в.} \cdot R_3}$	25 шт.
$R_{p.з.з.} = \frac{\rho_{p.з.}}{K_{u.з.} \cdot 2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t}$	23 Ом

Продолжение таблицы 9.2

1	2
$R = \frac{R_c R_{CB3}}{R_c + R_{CB3}}$	3,9 Ом
$N = \frac{R_{o.в.э.}}{K_{и.в.у.} \cdot R_{в.э.}}$	24 шт.

Контур заземления ТП1 представлен на рисунке 9.1.

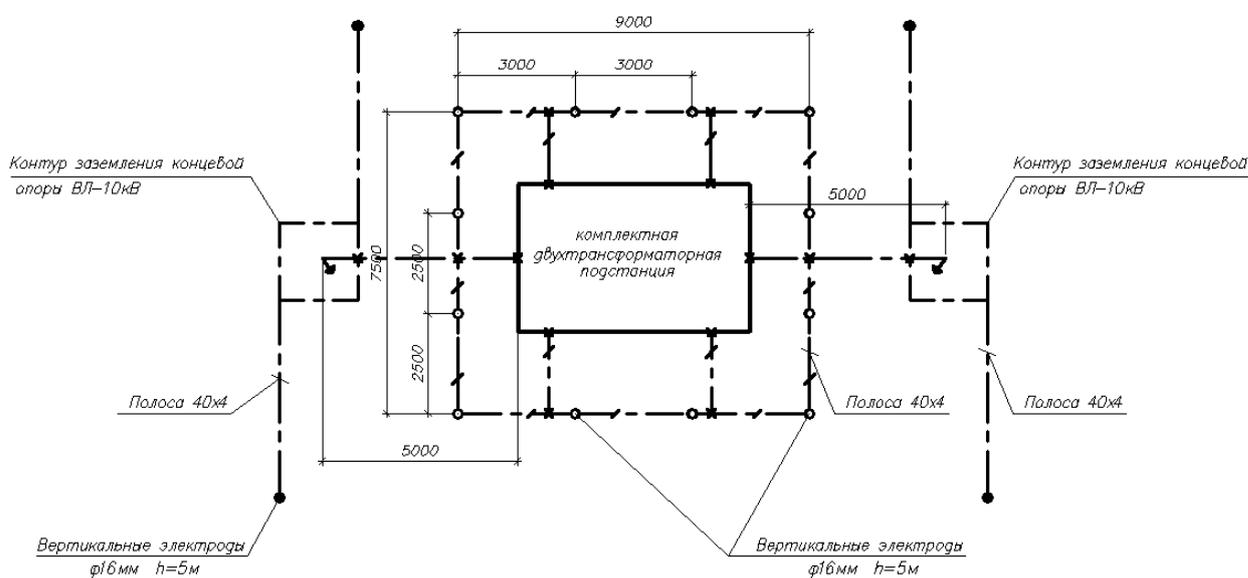


Рисунок 9.1 - Контур заземления ТП1

10 Экономическая эффективность проекта

Капитальные вложения включают расходы, связанные с приобретением и монтажом БКТП 10/0,4 кВ, распределительных устройств и др. Расчет капитальных вложений сведен в таблицу 10.1.

Таблица 10.1 - Капитальные вложения в реконструируемую схему электроснабжения

Элемент системы электроснабжения	Количество	Сметная стоимость с учетом строительного-монтажных работ, тыс. руб.	
		Единицы	Общая стоимость
БКТП 10/0,4 кВ	8	1450	11600
фундамент БКТП	8	320	2560
Всего			14160

Определим эксплуатационные затраты в схему электроснабжения микрорайона.

Для финансового расчета предприятия с энергоснабжающей организацией необходимо знать показатели электрической нагрузки. Показатели электрической нагрузки микрорайона Автозаводского района г.Тольятти:

Расчетная максимальная нагрузка - 1632,17 кВт

Расчетная величина потерь в линиях и трансформаторах - 89398,14 кВт·ч.

Расчетная величина полезно потребленной энергии - 998829 кВт·ч.;

Расчетная величина энергии, полученной из системы - 1013335 кВт·ч.

Укрупненный расчет годовых эксплуатационных расходов на схему электроснабжения:

Амортизационные отчисления - 623,2 тыс. руб.

Фонд оплаты труда – 468,8 тыс. руб.

Ремонтный фонд – 298,1 тыс. руб.

Затраты на охрану труда и технику безопасности – 5,4 тыс. руб.

Стоимость потерь электроэнергии в линии и трансформаторах –
64,49 тыс. руб.

Суммарные затраты – 1345,63 тыс. руб.

Заключение

На основании анализ потребителей электрической энергии и существующей схемы электроснабжения Автозаводского микрорайона г.Тольятти разработаны мероприятия по реконструкции системы электроснабжения микрорайона:

- выполнена замена всех ТП 10/0,4 кВ микрорайона на современные блочно-модульные комплектные трансформаторные подстанции (БКТП), которые нашли в настоящее время широкое применение в жилищном секторе городов и вытесняют устаревшие подстанции киоскового и контейнерного типа,

- заменены силовые трансформаторы марки ТМ 10/0,4 кВ на новые ТМГ 10/0,4;

- заменено электрооборудование 10 кВ и 0,4 кВ на современное автоматизированное на всех ТП 10/0,4 кВ.

На всех ТП 10/0,4 кВ приняты к установке БКТП производства ООО «Модуль».

Выполнена проверка выбранного коммутационного электрооборудования 10 кВ и 0,4 кВ.

Выполнен расчет уставок МТЗ питающих кабельных линий 10 кВ микрорайона.

Выполнено технико-экономическое обоснование принятых решений по реконструкции микрорайона Автозаводского района г.Тольятти.

Список использованных источников

- 1 Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 марта 2010 г. – М.: КНОРУС, 2010.
- 2 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты от 24 июля 2013 г. № 328н.
- 3 ГОСТ Р 51617-2000. Жилищно-коммунальные услуги. Общие технические условия. – Введ. 2000-07-19. – Госстандарт России; М.: Изд-во стандартов, 2000.
- 4 ГОСТ 12.1.030-2001. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – Введ. 2001-02-01. – Госстандарт России; М.: Изд-во стандартов, 2001.
- 5 Нормативы для определения расчетных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) застройки и элементов городской распределительной сети. – М., 2000.
- 6 РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. – М.: НЦ ЭНАС, 2004.
- 7 Алиев, И.И. Электротехнические материалы и кабельные изделия: справочник / И.И. Алиев. - М.: ИП РадиоСОФТ, 2014.
- 8 Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов / В.А. Андреев. - М.: Высшая школа, 2015.
- 9 Заземляющие устройства электроустановок : справочник / Р.К. Борисов и др. – М. Издательский дом МЭИ, 2013.
- 10 Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования : учеб.пособие для вузов / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 2014.

11 Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб.пособие для вузов / под ред. И.П. Крючкова [и др.]. – М.: Академия, 2014.

12 Шведов, Г.В. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети / Г.В. Шведов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012.

13 Киреева, Э.А. Полный справочник по электрооборудованию и электроснабжению (с примерами расчетов) / Э.А. Киреева, С.Н. Шерстнев; под общ. ред. С.Н. Шерстнева. – 3-е изд. – М.: КНОРУС, 2017.

14 Электроэнергетика России 2030: целевое видение. / Под общ. ред. Б.Ф. Вайнзихера. - М.: Альпина Бизнес Букс, 2014.

15 Официальный сайт ООО «Модуль». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bktp.ru> (21.05.17).

16 АВВ каталог продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abb.ru/ProductGuide/> (21.05.17).

17 Завод электротехнического оборудования и блочных трансформаторных подстанций. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bnk-azov.ru/> (21.05.17).

18 Промышленное оборудование – ООО «Курс». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zaokurs.ru> (21.05.17).

19 «Экомпром» - электротехническая продукция. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ekoprom.com.ru> (21.05.17).

20 Электротехнический портал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energoportal.ru> (21.05.17).

21 Энергетическая стратегия России до 2035 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// minenergo.gov.ru](http://minenergo.gov.ru) (21.05.17).