

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

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

Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и систем
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Модернизация системы электроснабжения индустриального парка
«Тольяттисинтез»

Студент(ка)

М.М. Воронин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.А. Кувшинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., профессор В.В. Вахнина

«___» _____ 2016 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

«___» _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Содержание

Введение	3
1 Анализ существующей схемы электроснабжения	10
1.1 Внешнее электроснабжение промышленного парка	10
1.2 Внутривзводское электроснабжение промышленного парка	11
1.3 Анализ схемы электроснабжения	24
2 Сравнительный анализ возможных вариантов электроснабжения потребителей промышленного парка.	26
2.1 Комплекс по производству резины	28
2.2 Компания по производству солнечных батарей	31
2.3 Электромонтажная фирма	34
2.4 Шинная компания	36
2.5 Фармацевтическая компания № 1	39
2.6 Фармацевтическая компания №2	43
2.7 Компания по производству автокомпонентов	47
3 Выбор наиболее оптимального варианта схемы электроснабжения для каждой из производственных площадок промышленного парка.	51
3.1 Комплекс по производству резины	59
3.2 Компания по производству солнечных батарей	62
3.3 Электромонтажная фирма	65
3.4 Шинная компания	67
3.5 Фармацевтическая компания № 1	71
3.6 Фармацевтическая компания №2	73
3.7 Компания по производству автокомпонентов	77
3.8 Схема электроснабжения промышленного парка	81
Заключение	82
Список используемых источников	84

Введение

В связи с созданием индустриального парка «Тольяттисинтез» и началом реализации проектов резидентами, вошедшими в состав индустриального парка, необходимо рассмотреть варианты схем электроснабжения, которые будут отвечать всем условиям технических процессов резидентов, требованиям надежности и безопасности эксплуатации.

Целью исследования является повышение надежности электроснабжения потребителей индустриального парка «Тольяттисинтез».

Задачами исследования будут являться:

1. Анализ существующей схемы электроснабжения.
2. Сравнительный анализ возможных вариантов электроснабжения потребителей индустриального парка.
3. Выбор наиболее оптимального варианта схемы электроснабжения для каждой из производственных площадок индустриального парка.

Системы электроснабжения современных промышленных предприятий должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Экономичность и надежность.
2. Безопасность и удобство в эксплуатации.
3. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии, уровней и отклонений напряжения, стабильности частоты и др.
4. Гибкость системы, дающей возможность дальнейшего развития без существенного переустройства и эксплуатации.
5. Максимального приближения источников высшего напряжения к электроустановкам потребителей, обеспечивающего минимум сетевых звеньев и ступеней промежуточной трансформации, снижение первоначальных затрат и уменьшение потерь электроэнергии с одновременным повышением надежности.

Надежность - свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения его эксплуатационных показателей в заданных пределах,

соответствующих заданным режимам и условиям применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортировки.

Надежность применительно к системам электроснабжения: бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды. При этом объект должен быть работоспособным.

Под работоспособностью понимается такое состояние элементов электрооборудования, при котором они способны выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах установленных нормативно-технической документацией. При этом элементы могут не удовлетворять, например, требованиям, относящимся к внешнему виду.

Надежность является комплексным свойством, которое в, зависимости от специфики электроустановок и условий ее эксплуатации, может включать в себя: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость в отдельности или в определенном сочетании, причем как для электроустановок, так и для отдельных ее элементов.

Иногда надежность отождествляется с безотказностью (в этом случае рассматривается надежность в "узком смысле").

Безотказность – свойство технических средств непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени. Это наиболее важная составляющая надежности электроустановок, зависящая от безотказности элементов, схемы их соединения, конструктивных и функциональных особенностей, условий эксплуатации.

Новизна и (или) практическая значимость работы:

1) Проведен анализ существующей схемы электроснабжения, выявлены ее недостатки и достоинства, возможности для изменения электроснабжения.

2) Произведены необходимые расчеты для выбора электрооборудования на каждой из площадок индустриального парка, а также рассчитаны технико-экономические затраты.

Электрическая сеть, запроектированная на основе преуменьшенных расчетных нагрузок, не сможет обеспечить пропускную способность элементов сети по условию нагрева, вследствие этого нарушается нормальное функционирование предприятия. Завышение же расчетной нагрузки приводит к излишним капиталовложениям в строительство сетей электроснабжения и нарушению электромагнитной совместимости. Поэтому точное определение расчетных нагрузок есть первый и основополагающий этап проектирования любой электрической сети в промышленности.

Электрическая энергия является единственным видом продукции, для перемещения которого от мест производства до мест потребления не используются другие ресурсы. Для этого расходуется часть самой передаваемой электроэнергии, поэтому ее потери неизбежны, задача состоит в определении их экономически обоснованного уровня. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях до этого уровня - одно из важных направлений энергосбережения.

Индустриальный парк «Тольяттисинтез» - это управляемый единым оператором комплекс объектов недвижимости, состоящий из земельного участка (участков) промышленного назначения с производственными, складскими, административными и иными помещениями и сооружениями, обеспеченный энергоносителями, инженерной и транспортной инфраструктурой и необходимыми административно-правовыми условиями для размещения производств.

Индустриальный парк «Тольяттисинтез» является одной из площадок нефтехимического кластера Самарской области. Это готовое инфраструктурное решение для быстрого старта химического или смежного производственного бизнеса. Компания СИБУР рассматривает различные варианты привлечения резидентов: от приглашения внешних организаций до создания совместных производств.

Парк формируется на базе единой промышленной площадки СИБУРа в Тольятти, которая включает производство синтетических каучуков ООО

«Тольяттикаучук», сервисную компанию по управлению площадкой АО «Тольяттисинтез», региональный филиал оператора железнодорожных перевозок ЗАО «СИБУР-Транс» и крупных подрядчиков по оказанию услуг (IT-сфера, бухгалтерия, питание и другие).

Для самого АО «Тольяттисинтез» индустриальный парк это возможность задействования свободных площадей с максимальной отдачей, реализация своей продукции непосредственно потребителю, и т.д.

На сегодняшний день резиденты только начинают приходить на площадки индустриального парка «Тольяттисинтез», но глядя на то как развивается Особая экономическая зона расположенная в Тольятти можно смело рассчитывать на то, что в скором времени Тольятти ждет новый уровень развития во всех сферах.



Рисунок 1 – Принцип организации индустриального парка

Индустриальный парк был создан в 2013 году, на базе ЗАО «Тольяттисинтез» и к концу 2014 года насчитывает 24 площадки на территории в 78,5 Га. Сюда входят производственные, складские, офисные и бытовые помещения (рисунок 2). Наиболее крупными резидентами являются: компания по производству резиновых автокомпонентов; две фармацевтические

компании; шинная компания; компания по производству солнечного освещения; ООО «Тольяттикаучук» - якорный резидент.

Электроснабжение АО «Тольяттисинтез» осуществляется кабельными линиями 6 кВ и 110 кВ с Тольяттинской ТЭЦ и воздушными линиями 110 кВ с ПС «Васильевская» и «Левобережная». На территории АО «Тольяттисинтез» находятся четыре ГПП 110/6 кВ и 91 подстанция 6/0,4 кВ. Общая доступная мощность для индустриального парка составляет 70 МВт.

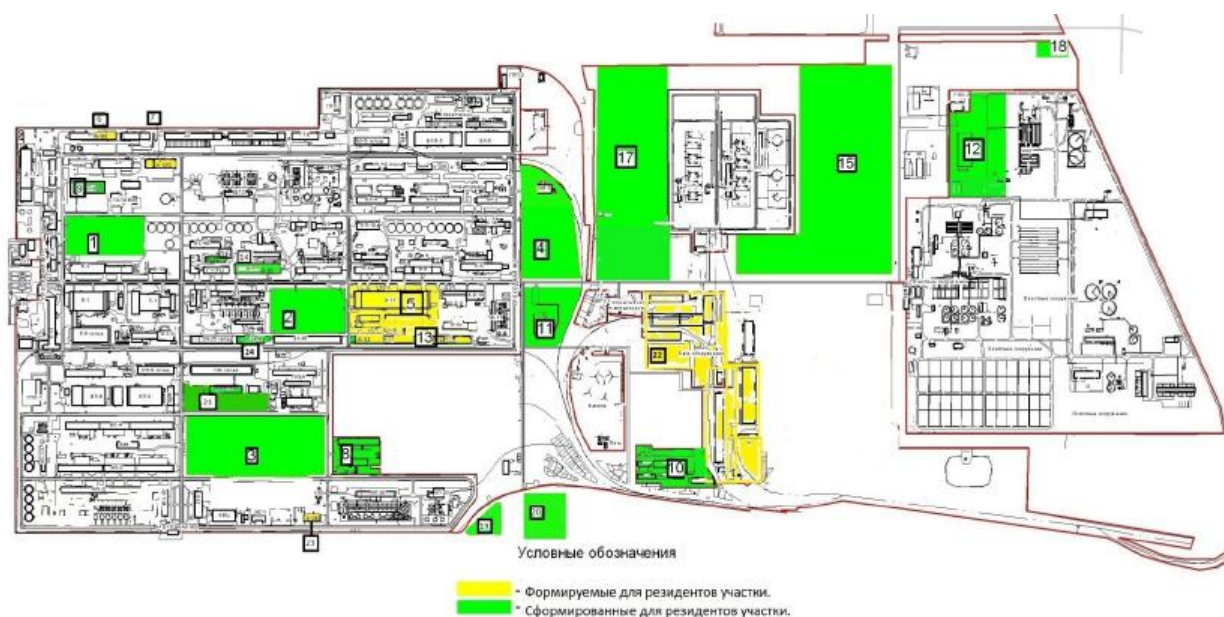


Рисунок 2 – План – схема индустриального парка

Основным (якорным) резидентом является ООО «Тольяттикаучук» - основным видом деятельности, которого является производство нескольких видов каучуков в зависимости от вида используемого сырья. Различие таких каучуков в том, на какие цели они в дальнейшем будут применяться. Так из изопренного белого каучука делают игрушки, медицинские резиновые изделия и т.д. Из бутилового каучука получается превосходная резина для автомобильных шин. Изопренный серый каучук применяют при изготовлении резины для различных резиновых шлангов, бензомаслопроводов, резиновых изделий которые должны выдерживать повышенные температуры.

Производство на площадях ООО «Тольяттикаучук» четко выстроенный и отлаженный процесс, который не требует серьезных изменений. Единственным

недостатком присутствующем в электроснабжении ООО «Тольяттикаучук» - это частичное устаревание оборудования и сетей, но процесс модернизации электроснабжения постепенно происходит, поэтому конечная схема электроснабжения индустриального парка «Тольяттисинтез» будет учитывать и изменения в электроснабжении ООО «Тольяттикаучук».

Резиденты, пришедшие на подготовленные площадки индустриального парка «Тольяттисинтез», в основном направлены на выпуск различных резиновых изделий (шины, медицинские перчатки, шланги), поэтому на территории сразу нескольких площадок будет создан комплекс по производству резины из каучука производимого на ООО «Тольяттикаучук», для дальнейшего производства необходимых изделий. Данный комплекс создан на площадках № 2, 5, 13, 24 и будет включать в себя четыре линии производства резины, различающихся по виду выпускаемой продукции, офисно - бытовое помещение, склад готовой продукции. Доставка продукции для дальнейшего производства возможна с помощью ж\д транспорта, автотранспорта или по закрытым транспортным лентам. Распределение остальных площадок индустриального парка «Тольяттисинтез» сведено в таблицу 1.

Таблица 1 – Распределение резидентов по площадкам индустриального парка

Номер площадки	Название резидента
2, 5, 13, 24	Комплекс по производству резины
3, 8, 21	Шинная компания
4,11	Фармацевтическая компания №1
15, 17	Компания по производству автокомпонентов
1	Компания по производству солнечных батарей
6, 7, 9, 14, 16, 23	Электромонтажная фирма
10, 12, 18, 19, 20, 22	Фармацевтическая компания №2

Структура и объем работы. Магистерская диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 90 страницах основного текста, содержит 11 рисунков, 45 таблиц. Список использованных источников включает 56 наименований (с учетом собственных публикаций).

1 Анализ существующей схемы электроснабжения

1.1 Внешнее электроснабжение промышленного парка

Внешнее электроснабжение промышленного парка «Тольяттисинтез» осуществляется кабельными и воздушными линиями 6 кВ и 110 кВ с Тольяттинской ТЭЦ и воздушными линиями 110 кВ с ПС «Васильевская» и «Левобережная». На территории ЗАО «Тольяттисинтез» находятся четыре ГПП 110/6 кВ и 107 подстанций 6/0,4 кВ. Общая доступная мощность для промышленного парка составляет 70 МВт.

На ГПП-1 в ОРУ-110 кВ установлены два трансформатора марки ТРДН-31500/110/6 каждый мощностью 31500 кВ·А и один трансформатор марки ТРДН 32000/110/6/6 мощностью 32000 кВ·А. Все три трансформатора постоянно находятся в работе, так как на заводе есть потребители 1 категории надёжности.

Граница раздела с энергосистемой находится на болтовых соединениях шлейфов с ВЛ-110 кВ «Васильевская – Каучук–4», «Тольяттинская ТЭЦ – Ставрополь–2» и «Левобережная – ЭТЗ» с контактами линейных разъединителей подстанции ГПП-1.

На ГПП-2 в ОРУ-110 кВ установлены два трансформатора: один марки ТРДН-31500/110/6 мощностью 31500 кВ·А и один трансформатор марки ТРДН 32000/110/6 мощностью 32000 кВ·А. Оба трансформатора постоянно находятся в работе, так как на заводе есть потребители 1 категории надёжности.

Граница раздела с энергосистемой находится на болтовых соединениях шлейфов с ВЛ-110 кВ «Васильевская – Каучук–3» и «Тольяттинская ТЭЦ – Каучук–2» с контактами линейных разъединителей подстанции ГПП-2.

На ГПП-3 в ОРУ-110 кВ установлены два трансформатора марки ТРДН-40000/110/6/6 каждый мощностью 40000 кВ·А. Оба трансформатора постоянно находятся в работе, так как на заводе есть потребители 1 категории надёжности.

Граница раздела с энергосистемой находится на болтовых соединениях шлейфов с ВЛ-110 кВ «Васильевская – Каучук–3» и «Тольяттинская ТЭЦ – Каучук–1» с контактами линейных разъединителей подстанции ГПП-3.

На ГПП-4 в ОРУ-110 кВ установлены два трансформатора марки ТРДН-40000/110/6/6 каждый мощностью 40000 кВ·А. Оба трансформатора постоянно находятся в работе, так как на заводе есть потребители 1 категории надёжности.

Граница раздела с энергосистемой находится на болтовых соединениях шлейфов с ВЛ-110 кВ «Васильевская – Каучук–4» и «Тольяттинская ТЭЦ – Каучук–1» с контактами линейных разъединителей подстанции ГПП-4.

Помимо ВЛ-110 кВ с Тольяттинской ТЭЦ приходят КЛ-6 кВ в качестве питания секций распределительных устройств 6 кВ следующих подстанций:

- 1) п/ст 46 – СК 1, резервная линия;
- 2) п/ст 30 – СК 3, резервная линия;
- 3) п/ст 19 – СК 7;
- 4) п/ст 51 – СК 18 и СК 19;
- 5) п/ст 18 – СК 21;
- 6) п/ст 5 – СК 22;
- 7) п/ст 9 – СК 28 и СК 29;
- 8) п/ст 16 – СК 49.

1.2 Внутривзаводское электроснабжение индустриального парка

Завод является потребителем первой категории, то есть перерыв в его электроснабжении может повлечь за собой гибель людей, брак продукции, нарушение технологического процесса. График работы на предприятии – трехсменный, так как осуществляется непрерывное производство.

Схема питания внутреннего электроснабжения является смешанной. Она сочетает в себе элементы магистральных и радиальных схем. Основное питание каждого потребителя осуществляется радиальными линиями, а резервное – магистральными.

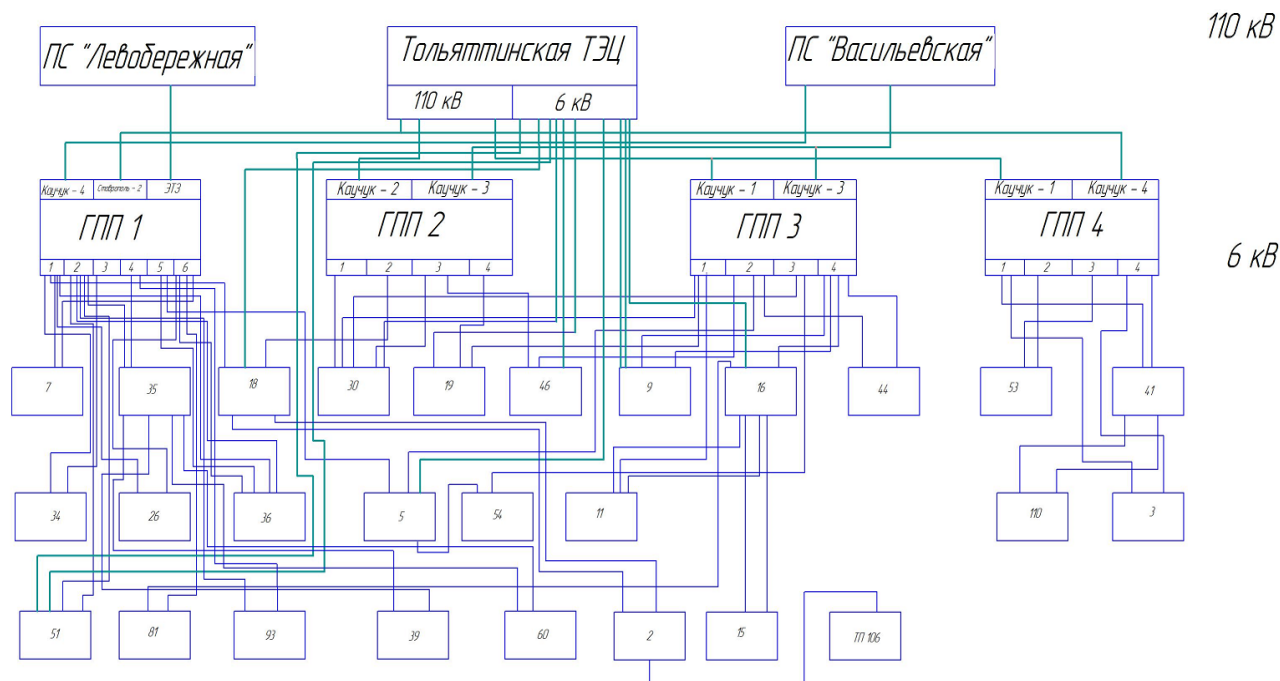


Рисунок 3 – Схема подстанций 6-110кВ АО «Тольяттисинтез»

Современные промышленные предприятия имеют ограниченную площадь, которую надо использовать с максимальной выгодой. Для внутреннего электроснабжения при выборе воздушной линии или кабельной линии, останавливаются на кабельной линии, так как она обладает высокой надежностью и безопасностью в эксплуатации. А также не имеет зону отчуждения, что особенно ценно на территории завода, где все сооружения расположены компактно.

Так как предприятие является химическим, то кабель прокладывают на эстакадах, потому что данный вид прокладки имеет следующие преимущества:

1. удобство монтажа и эксплуатации,
2. малая вероятность механических повреждений.

Территория промышленных предприятий иногда настолько загружена технологическими и другими коммуникациями, что становится затруднительной прокладка кабелей в траншеях. В этих случаях применяют прокладку кабелей по эстакадам. Применение эстакад может быть оправдано

для больших потоков кабелей. Для прокладки кабелей могут быть использованы эстакады, сооружаемые для технологических трубопроводов. При этом кабели рекомендуется прокладывать на стороне трубопроводов с негорючими веществами и предусматривать возможность нарушения герметичности трубопроводов с пожаро- и взрывоопасными смесями и их действие на кабели. Расстояние между параллельно проложенными кабелями и трубопроводами должно быть не менее 0,5 м. Протяженные кабельные галереи должны быть разделены несгораемыми перегородками на отсеки длиной не более 150 м для ограничения распространения возможного пожара.

Для прокладки по эстакадам применяют бронированные кабели без джутового покрова с покрытием брони антикоррозионным составом или с наружным защитным покровом из негорючих материалов. При прокладке по эстакадам небронированных кабелей марки ААШв следует учитывать высокую продольную жесткость этих кабелей; имели место случаи само выброса с кабельных конструкций кабеля ААШв в летнее время, проложенного в зимних условиях без учета запаса на температурное удлинение.

Большинство подстанций на предприятии являются двухтрансформаторными. Питание распределительных пунктов осуществляется от секций шин 6 кВ. Линии находятся в раздельной работе, что предполагает режим разомкнутого секционного выключателя на РП. Питание потребителей при исчезновении напряжения на одной секции шин РП восстанавливается путем автоматического включения секционного выключателя. В этом случае предусматривается устройство АВР. Такие схемы называют автоматизированными схемами.

ЗРУ-6 кВ на ГПП-1 выполнено на основе комплектного распределительного устройства КРУ2-10Э-2750А. КРУ собрано из высоковольтных шкафов различных типов:

1. ячейки №№9, 12, 21, 28, 34, 40, 46, 55, 63, 65 (ячейки вводов от трансформаторов Т1, Т2, Т3 и ячейки секционных выключателей) - КВЭ-6-22-2750 А;

2. ячейки №№10, 22, 27, 39, 47, 62, 66 (ячейки разъединителей ввода и секционных разъединителей) - КРД-6401-2750 А;
3. ячейка № 57 (ячейка трансформаторов собственных нужд (ТСН)) - КТМ-6 - 600 А;
4. ячейки №№8, 13, 33, 37, 48, 64 (ячейки трансформаторов напряжения) - КНТМИ-6-600 А;
5. ячейки №№23, 36 (ячейки отходящих линий) - КВЭ-6-13-630 А;
6. ячейки №№1, 7, 15, 19, 31, 49 (ячейки отходящих линий) - КВЭ-6-15-1000 А;
7. ячейки №№2, 4, 5, 6, 11, 16, 32, 35, 38, 41, 43, 51, 53, 56, 58, 59, 60 (ячейки отходящих линий) – КВЭ-6-15-1600 А.

Ячейки с выключателями оборудованы выключателями типа ВМПЭ-10 и ВБ-10. Ячейки трансформаторов напряжения оборудованы НТМИ-6. Трансформатор собственных нужд, установленный в ячейках ТСН, мощностью 160 кВ·А.

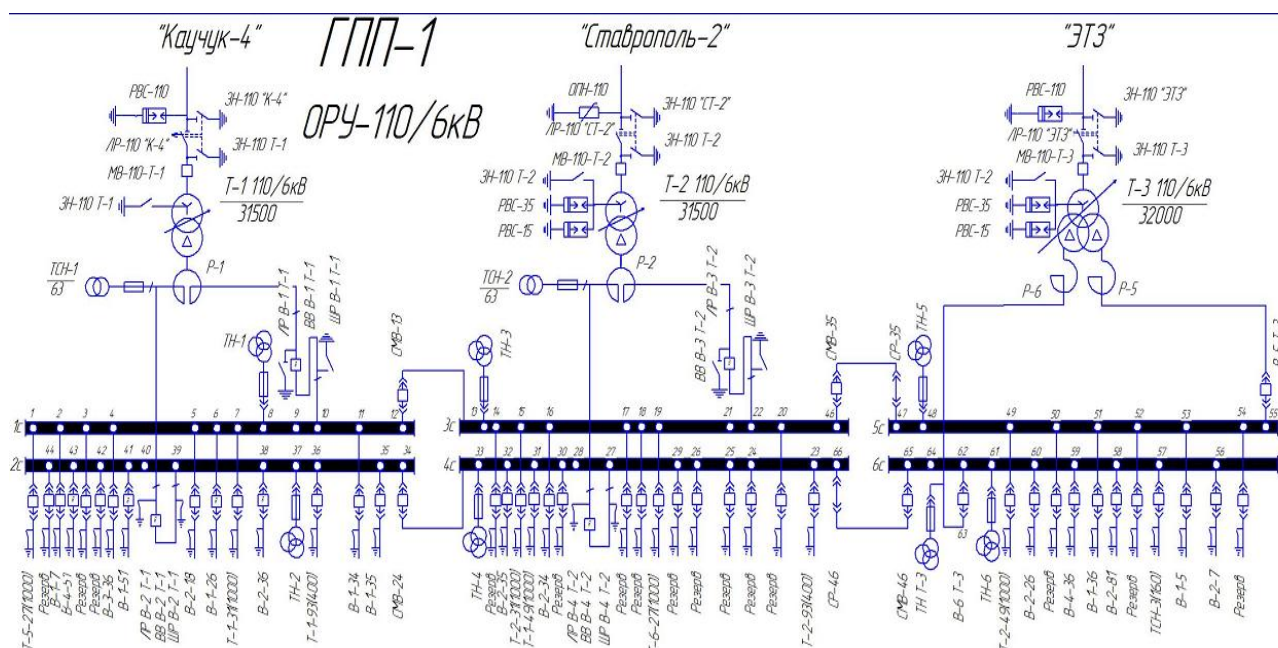


Рисунок 4 – Принципиальная схема главной понизительной подстанции №1

ЗРУ-6 кВ на ГПП-2 выполнено на основе комплектного распределительного устройства КРУ2-10Э-2750А. КРУ собрано из высоковольтных шкафов различных типов:

1. ячейки №№6, 9, 17, 25, 30, 35 (ячейки вводов от трансформаторов Т1, Т2 и ячейки секционных выключателей) - КВЭ-6-22-2750 А;
2. ячейки №№5, 18, 21, 24, 36, 40 (ячейки разъединителей ввода и секционных разъединителей) - КРД-6401-2750 А;
3. ячейки №№8, 10, 29, 31 (ячейки трансформаторов напряжения) - КНТМИ-6-600 А;
4. ячейки №№1, 3, 7, 11, 13, 27, 31, 37, 39 (ячейки отходящих линий) - КВЭ-6-13-630 А;
5. ячейки №№2, 14, 15, 41 (ячейки отходящих линий) - КВЭ-6-15-1000 А;

Ячейки с выключателями оборудованы выключателями типа ВМПЭ-10 и ВБ-10. Ячейки трансформаторов напряжения оборудованы НТМИ-6.

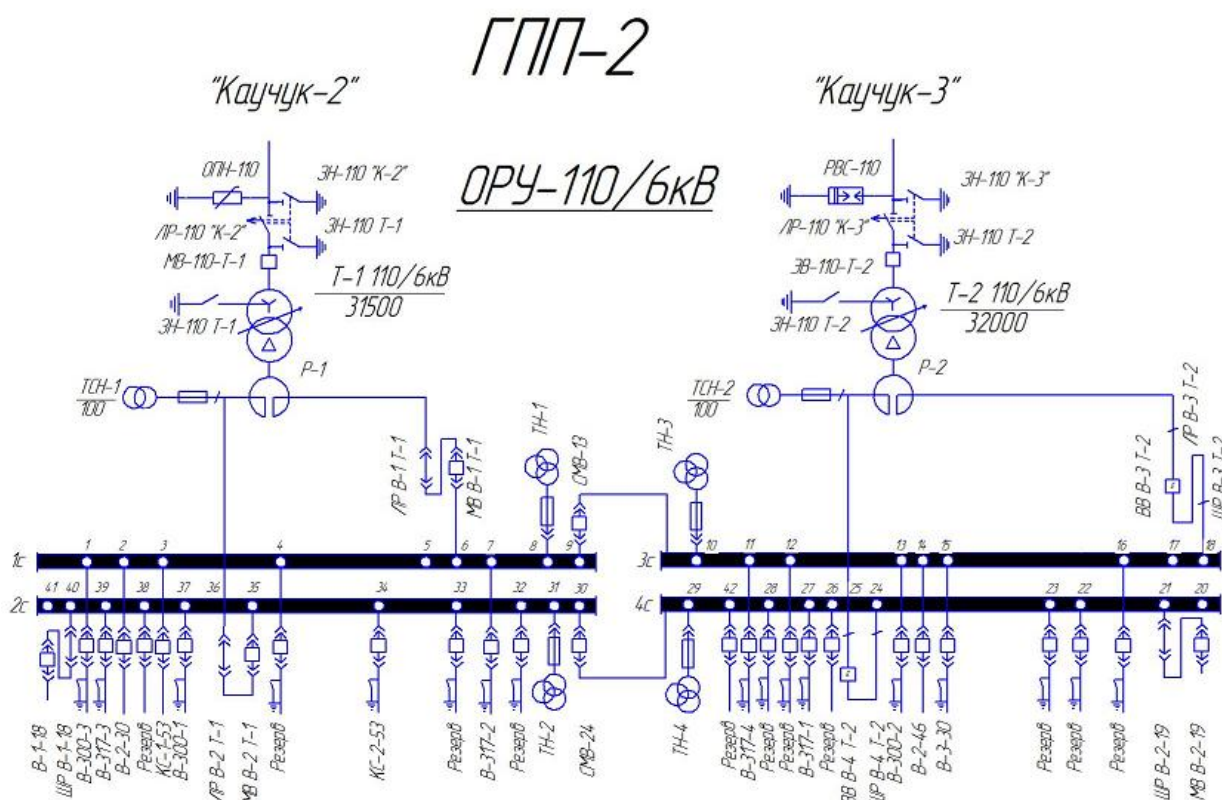


Рисунок 5 – Принципиальная схема главной понизительной подстанции №2

ЗРУ-6 кВ на ГПП-3 выполнено на основе комплектного распределительного устройства КРУ2-10Э-2750А. КРУ собрано из высоковольтных шкафов различных типов:

1. ячейки №№7, 20, 23, 26, 30, 37 (ячейки вводов от трансформаторов Т1, Т2 и ячейки секционных выключателей) - КВЭ-6-22-2750 А;
2. ячейки №№24, 25 (ячейки разъединителей ввода и секционных разъединителей) - КРД-6401-2750 А;
3. ячейка № 3, 47 (ячейка трансформаторов собственных нужд (ТСН)) - КТМ-6 - 600 А;
4. ячейки №№17, 22, 33, 34 (ячейки трансформаторов напряжения) - КНТМИ-6-600 А;
5. ячейки №№21, 31, 36 (ячейки отходящих линий) - КВЭ-6-13-630 А;
6. ячейки №№6, 8, 12, 13, 15, 19, 28, 29, 32, 35, 40, 42 (ячейки отходящих линий) - КВЭ-6-15-1000 А;

Ячейки с выключателями оборудованы выключателями типа ВМПЭ-10 и ВБ-10. Ячейки трансформаторов напряжения оборудованы НТМИ-6. Трансформаторы собственных нужд, установленные в ячейках ТСН, мощностью по 63 кВ·А каждый.

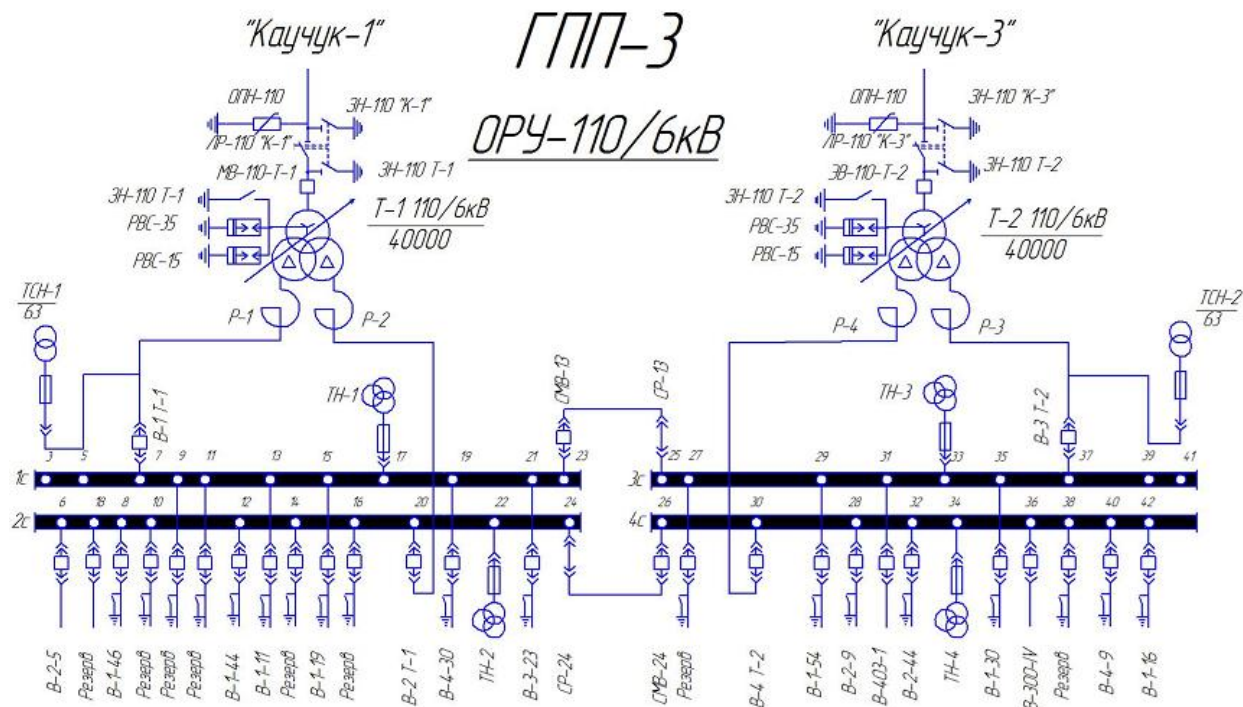


Рисунок 6 – Принципиальная схема главной понизительной подстанции №3

ЗРУ-6 кВ на ГПП-4 выполнено на основе комплектного распределительного устройства КРУ2-10Э-2750А. КРУ собрано из высоковольтных шкафов различных типов:

1. ячейки №№1, 6, 17, 22, 29, 34 (ячейки вводов от трансформаторов Т1, Т2 и ячейки секционных выключателей) - КВЭ-6-22-2750 А;
2. ячейки №№19, 20 (ячейки разъединителей ввода и секционных разъединителей) - КРД-6401-2750 А;
3. ячейка № 18, 21 (ячейка трансформаторов собственных нужд (ТСН)) - КТМ-6 - 600 А;
4. ячейки №№2, 3, 8, 28, 30, 31 (ячейки трансформаторов напряжения) - КНТМИ-6-600 А;
5. ячейки №№ 7, 10, 16, 25, 27, 33, 38 (ячейки отходящих линий) - КВЭ-6-13-630 А;
6. ячейки №№11, 13, 14, 23, 26, 36 (ячейки отходящих линий) - КВЭ-6-15-1000 А;

Ячейки с выключателями оборудованы выключателями типа ВМПЭ-10 и ВБ-10. Ячейки трансформаторов напряжения оборудованы НТМИ-6. Трансформаторы собственных нужд, установленные в ячейках ТСН, мощностью по 160 кВ·А каждый.

Внутризаводская схема электроснабжения выполнена по магистрально-радиальной схеме. Схема электроснабжения включает подстанции 6 кВ или 6/0,4 кВ, которые запитываются по кабельным линиям либо от ЗРУ-6 кВ одной из ГПП, либо по магистральной схеме от другой подстанции.

По территории завода в основном используется прокладка кабельных линий на эстакадах.

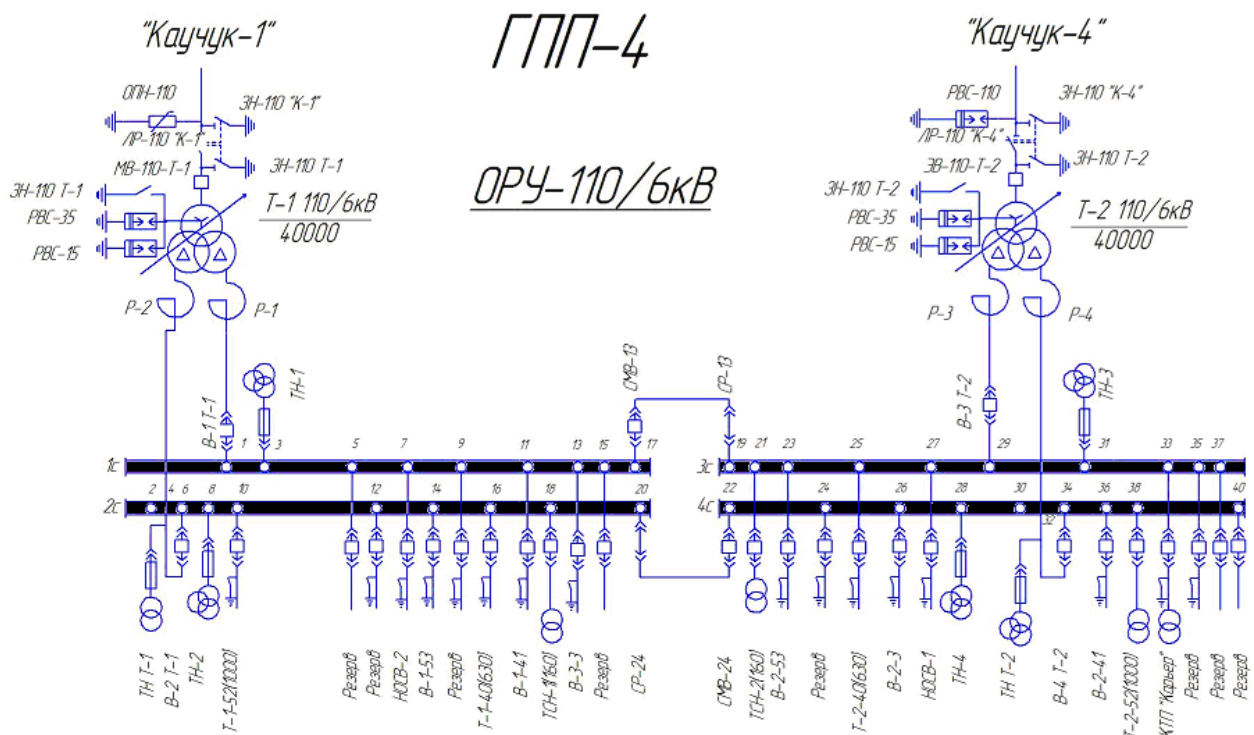


Рисунок 7 – Принципиальная схема главной понизительной подстанции №4

На цеховых трансформаторных подстанциях ТП и КТП установлены силовые трансформаторы мощностью 250, 320, 400, 560, 630, 1000, 1600, 2500 кВ·А. Большая часть установленных трансформаторов марки ТМЗ. Некоторые ТП и КТП имеют резервные связи на стороне 0,4 кВ.

Цеховые электрические сети имеют разнообразное исполнение: электроснабжение цеховых потребителей выполнено как с применением шинопроводов, так и силовых распределительных пунктов и шкафов.

Всего на заводе 156 цеховых трансформатора общей мощностью 141910 кВ·А; высоковольтных электродвигателей: асинхронных 6 кВ - 118 (мощностью - 85105 кВт), синхронных - 41 (мощностью - 53390 кВт).

Все потребители АО «Тольяттисинтез» являются электроприемниками I категории.

Приемники электроэнергии I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного источника питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы приемников электроэнергии I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания. Независимым источником питания приемника электроэнергии или группы приемников электроэнергии называют источник питания, на котором сохраняется напряжение в пределах, регламентированных ПУЭ для послеаварийного режима, при исчезновении его на другом или других источниках питания этих приемников.

К числу независимых источников питания относят две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:

- 1) каждая секция или система шин в свою очередь имеет питание от независимого источника питания;
- 2) секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной секции (системы) шин.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы приемников электроэнергии и в качестве второго независимого источника питания для остальных приемников I категории используют местные электростанции, электростанции энергосистем, специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п. Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимую непрерывность технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, осуществляют технологическое резервирование.

Электроснабжение приемников электроэнергии I категории с особо сложным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление рабочего режима, при наличии технико-экономических обоснований осуществляют от двух независимых взаимно резервирующих

источников питания, к которым предъявляют дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

Данные по трансформаторным подстанциям индустриального парка сведены в таблицы 2 и 3.

Таблица 2 – Перечень низковольтных трансформаторных подстанций

№ п/ст	Класс напряжения	Кол-во секций	Мощность трансформаторов	Питание п/ст
1	0,4 кВ	3	1000	С п/ст 51
3	0,4 кВ	2	560	С п/ст 3
5	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 5
6	0,4 кВ	2	560/1000	С п/ст 5
7	0,4 кВ	6	1000	С п/ст 7
8	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 16
9	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 9
10	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 11, п/ст 18
11	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 11, п/ст 16
12	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 16
13	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 5
14	0,4 кВ	2	560/400	С п/ст 9
15	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 15
16	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 16
17	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 30
18	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 18
19	0,4 кВ	4	1000	С п/ст 19, п/ст 18
20	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 18
21a	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 81

Продолжение таблицы 2

22	0,4 кВ	4	I-II: 560, III-IV: 1000	С п/ст 2, п/ст 18
23	0,4 кВ	4	1000	С п/ст 18
24	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 30
25	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 18
26	0,4 кВ	4	1000	С п/ст 26
27	0,4 кВ	6	1000	С п/ст 36, ГПП-1
28	0,4 кВ	2	400	С п/ст 46
29	0,4 кВ	4	630	С п/ст 30
30	0,4 кВ	4	I-II: 1000, III с I, IV со II	С п/ст 30
31	0,4 кВ	2	1000	С ГПП-1
32	0,4 кВ	4	1000	С п/ст 34
33	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 30
36	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 36
37	0,4 кВ	4	I-II: 1000, III с I, IV со II	С п/ст 36
38	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 41
39	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 39
40	0,4 кВ	2	630	С ГПП-4
41	0,4 кВ	2	400	С п/ст 41
42	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 81
43	0,4 кВ	2	250	С п/ст 81
44	0,4 кВ	2	400	С п/ст 46
45	0,4 кВ	4	I-II: 2500, III-IV: 1600	С п/ст 53
46	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 46

Продолжение таблицы 2

47	0,4 кВ	6	1000	С п/ст 26
48	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 46
49	0,4 кВ	2	1000	С ГПП-1
50	0,4 кВ	1	1000	С п/ст 51
51	0,4 кВ	4	I-IV: 560, II-III: 1000	С п/ст 51
52	0,4 кВ	2	1000	С ГПП-4
58	0,4 кВ	2	320	С п/ст 3
59	0,4 кВ	2	560	С п/ст 35
61	0,4 кВ	2	630/560	С п/ст 60
63	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 15
65	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 36
69	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 5
76	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 9
81	0,4 кВ	6	1000	С п/ст 81
82	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 39
93	0,4 кВ	2	250	С ГПП-1
ТП 105	0,4 кВ	1	400	С ТП 106
ТП 106	0,4 кВ	1	400	С п/ст2
ТП 109	0,4 кВ	2	1000	С п/ст 34
118	0,4 кВ	2	1600	С п/ст 53
ТП 2	0,4 кВ	1	250	С п/ст6
ТП 3	0,4 кВ	1	250	С п/ст51
ТП 5	0,4 кВ	1	320	С п/ст34

Таблица 3 – Перечень высоковольтных трансформаторных подстанций

№ п/ст	Класс напряжения	Кол-во секций	Питание п/ст
2	6 кВ	2	п/ст 18

Продолжение таблицы 3

3	6 кВ	2	ГПП-4
5	6 кВ	3	ГПП-1, ГПП-3, ТоТЭЦ
7	6 кВ	2	ГПП-1
9	6 кВ	4	ГПП-3, ТоТЭЦ
11	6 кВ	3	ГПП-3, п/ст 16
15	6 кВ	2	п/ст 16
16	6 кВ	3	ГПП-3, ТоТЭЦ, п/ст 81
54	6 кВ	3	ГПП-3, п/ст 5
18	6 кВ	3	ГПП-1, ГПП-2, ТоТЭЦ
19	6 кВ	3	ГПП-2, ГПП-3, ТоТЭЦ
41	6 кВ	2	ГПП-4
26	6 кВ	2	ГПП-1
34	6 кВ	2	ГПП-1
35	6 кВ	2	ГПП-1
36	6 кВ	4	ГПП-1
39	6 кВ	2	п/ст 35
30	6 кВ	4	ГПП-2, ГПП-3
44	6 кВ	2	ГПП-3
46	6 кВ	3	ГПП-2, ГПП-3, ТоТЭЦ
51	6 кВ	4	ГПП-1, ТоТЭЦ
53	6 кВ	2	ГПП-4
60	6 кВ	2	п/ст 35
81	6 кВ	2	п/ст 16, ГПП-1

Продолжение таблицы 3

93	6 кВ	2	ГПП-1
ТП 106	6 кВ	1	п/ст 2
110	6 кВ	2	п/ 41

1.3 Анализ схемы электроснабжения

Из выше сказанного можно подвести итоги анализа схемы электроснабжения:

1. Источники питания - четыре главных понизительных подстанций, которые в свою очередь питаются по воздушным линиям 110 кВ от Тольяттинской ТЭЦ, подстанций «Васильевская» и «Левобережная». На ГПП-1 установлены два трансформатора мощностью по 31,5 МВ×А каждый и один трансформатор мощностью 32 МВ×А. На ГПП-2 установлены один трансформатор мощностью 31,5 МВ×А и один трансформатор мощностью 32 МВ×А. На ГПП-3 установлены два трансформатора мощностью по 40 МВ×А. На ГПП-4 установлены два трансформатора мощностью по 40 МВ×А.

2. Схема внутризаводского электроснабжения выполнена на напряжении 6 кВ кабельными линиями и представляет собой магистрально-радиальную схему: подстанции запитываются либо от ЗРУ-6 кВ ГПП, либо по магистральной схеме от другой подстанции. .

3. Основные потребители электроэнергии - электрические двигатели.

4. Мощность трансформаторов на цеховых трансформаторных подстанциях 250, 320, 400, 560, 630, 1000, 1600, 2500 кВ×А, основная марка - ТМЗ.

5. Компенсация реактивной мощности осуществляется как на стороне 6 кВ, так и на напряжении 0,4 кВ с помощью батарей статических конденсаторов и генерирующей реактивной мощности переданной с Тольяттинской ТЭЦ.

6. Ежесуточная нагрузка составляет в среднем 70 МВт.

Таким образом, существующая схема внешнего и внутризаводского электроснабжения практически удовлетворяет требованиям надёжности и электробезопасности электроснабжения, так как в ней учтены все условия технологического процесса и категории потребителей. Но в частных случаях внутризаводская система электроснабжения требует некоторой модернизации, так как значительная часть оборудования имеет большой срок работы, участки размещения потребителей не имеют готовых сооружений и как следствие не имеют пунктов приема и распределения электроэнергии.

2 Сравнительный анализ возможных вариантов электроснабжения потребителей индустриального парка.

Для рассмотрения вариантов электроснабжения участков индустриального парка необходимо знать нагрузки производств на данных участках. Для этого составим таблицу нагрузочных данных рассматриваемых производств.

Таблица 4 – Нагрузочные данные резидентов индустриального парка

Производство	Участки производства	Потребляемая мощность участка, МВт	П/ст на участке производства
Комплекс по производству резины	Основное производство	6,7	20 (0,4 кВ); 23 (0,4 кВ); 25 (0,4 кВ)
	Установка газоразделения	2,5	16 (6кВ)
	Склад сырья	0,4	—
Компания по производству солнечных батарей	Компания	2,4	—
Электромонтажная фирма	Электроремонтное отделение	1,2	—
	Ремонтное отделение №1	0,9	—
	Ремонтное отделение №2	0,7	—
Шинная компания	Компания	17,2	34 (6 кВ); 81(6 кВ); 21а(0,4 кВ); 42 (0,4 кВ); ТП 5 (0,4 кВ)

Продолжение таблицы 4

Фармацевтическая компания №1	Основное производство	5,3	—
	Склад готовой продукции	2,4	—
Фармацевтическая компания №2	Производство №2	3,3	—
	Производство №3	2,4	38 (0,4 кВ)
	Производство №1	5,1	ГПП 4
	Производство №4	1,7	52 (0,4 кВ)
Компания по производству автокомпонентов	Основное производство	12,9	—
	Склад готовой продукции	1,3	—



Рисунок 8 – Схема промышленного парка

На рисунке 8 черным цветом нанесены ГПП и основные подстанции 6, 6/0,4 и 0,4 кВ находящиеся на территории АО «Тольяттисинтез», а также красным размечены участки площадок промышленного парка, для которых необходимо рассмотреть варианты электроснабжения.

2.1 Комплекс по производству резины

Данный комплекс разрабатывался как совместное производство участников индустриального парка, которым для их основного технического производства требуется резина, как исходное сырье. Располагается он в наиболее удобном месте с точки зрения перемещения готовой продукции.

Комплекс по производству резины состоит из трех участков: участка основного производства, где непосредственно стоят линии по выпуску резины; склада сырья, где хранится каучук и различные добавки, необходимые для производства; и установки газоразделения, которая расположена в отдельном здании напротив основного производства.

Суммарная нагрузка производства составляет 9,6 МВт. В помещении установки газоразделения есть встроенная подстанция 6/0,4 кВ №16.. П/ст №20, №23 и №25 запитаны от п/ст №18, которая располагается в цехе напротив основной площадки. Так как производство резины относится ко 2 категории надежности, а также для предотвращения перерывов в производстве целесообразно будет сделать для каждой п/ст 0,4 кВ два независимых источника питания. Для этого можно воспользоваться свободными ячейками на п/ст 16, на которой имеется 12 свободных ячеек и п/ст 2, на которой есть 7 резервных ячеек.

Склад сырья, не требует каких либо специальных мер по электроснабжению, так как основными потребителями электрической энергии являются освещение и приточно-вытяжная вентиляция. Однако электроснабжение склада целесообразнее провести кабельными линиями от п/ст №25 к двум распределительным пунктам, с возможностью секционирования между распределительными пунктами. Распределение нагрузки площадки сведено в таблицу 5.

Таблица 5 – Распределение нагрузки компании

Наименование нагрузки	Мощность, МВт
Высоковольтная нагрузка запитанная с п/ст 16	
Компрессор №1	0,63

Продолжение таблицы 5

Компрессор №2	0,63
Линия №1	1
Линия №2	1
Линия №3	1
Низковольтная нагрузка	
п/ст 16	1,24
п/ст 20	1,2
п/ст 23	1,3
п/ст 25	1,6

Во всех случаях будет приниматься к установке двухтрансформаторная подстанция с мощностью одного трансформатора S_n , кВА

$$S_{n1} = \frac{P_{\Sigma}}{K_3 \cdot N_{mp}} = \frac{1240}{0,85 \cdot 2} = 729,4 \text{ кВА для подстанции №16}; \quad (1)$$

$$S_{n2} = \frac{P_{\Sigma}}{K_3 \cdot N_{mp}} = \frac{1200}{0,85 \cdot 2} = 705,9 \text{ кВА для подстанции №20}; \quad (1)$$

$$S_{n3} = \frac{P_{\Sigma}}{K_3 \cdot N_{mp}} = \frac{1300}{0,85 \cdot 2} = 764,7 \text{ кВА для подстанции №23}; \quad (1)$$

$$S_{n4} = \frac{P_{\Sigma}}{K_3 \cdot N_{mp}} = \frac{1600}{0,85 \cdot 2} = 941,2 \text{ кВА для подстанции №25}. \quad (1)$$

Принимаем мощность одного трансформатора на каждой подстанции равной $S_n = 1000$ кВА.

Для выбора высоковольтного выключателя, трансформаторов тока и высоковольтного кабеля для нагрузки площадки определим расчетный ток для каждой позиции по формуле:

$$I_p = 1,4 \cdot \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (2)$$

Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение $S, \text{мм}^2$ определяется из соотношения:

$$S = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} \quad (3)$$

где I_p — расчетный ток в час максимума энергосистемы, А;

$j_{\text{эк}}$ — нормированное значение экономической плотности тока, А/мм², для заданных условий работы принимаем равным 2 А/мм².

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

Результаты расчетов сведены в таблицу 6

Таблица 6 – Расчетный ток для оборудования

Наименование	Номинальная мощность S_n , кВА	Расчетный ток I_p , А	Длина кабеля, м	Экономически целесообразное сечение кабеля S , мм ²
Т-1-16	1000	128,3	25	64,15
Т-2-16	1000	128,3	25	64,15
Т-1-20	1000	128,3	50	64,15
Т-2-20	1000	128,3	350	64,15
Т-1-23	1000	128,3	300	64,15
Т-2-23	1000	128,3	630	64,15
Т-1-25	1000	128,3	200	64,15
Т-2-25	1000	128,3	160	64,15
Компрессор №1	630	80,8	50	40,4
Компрессор №2	630	80,8	80	40,4
Линия №1	1000	128,3	300	64,15
Линия №2	1000	128,3	320	64,15
Линия №3	1000	128,3	310	64,15

2.2 Компания по производству солнечных батарей

Данное производство расположено на одной из площадок парка, на территории завода. Компания занимается производством солнечных батарей и сопутствующей аппаратуры, которые становятся популярными в России, особенно в частных домах.

Суммарная нагрузка производства составляет 2,4 МВт. На территории площадки нет собственных п/ст, однако в непосредственной близости расположены две п/ст 6/0,4 кВ №5 и №54, и одна п/ст 0,4 кВ №6.

Ввиду того, что нагрузка производства относительно небольшая можно было бы рассмотреть вопрос о запитывании площадки кабельными линиями 0,4 кВ с ближайших п/ст 0,4 кВ п/ст №6 и РУ 0,4 кВ п/ст №5, потому что при производстве солнечных батарей не требуется высоковольтное оборудование, однако из – за нехватки свободного места и ограничения в мощности п/ст 0,4 кВ целесообразнее установить на площадке свою трансформаторную подстанцию с двумя источниками питания от одной из резервных ячеек п/ст 6/0,4 кВ: №5 (имеется 16 свободных ячеек); №9 (имеется 11 свободных ячеек); №54 (имеется 6 свободных ячеек).

В качестве альтернативных вариантов в данном случае логично рассмотреть вариант с кабельной линией с Тольяттинской ТЭЦ и вариант с кабельной линией с одного из заводских ГПП, однако из – за отдаленности площадки от ГПП и ТолТЭЦ по сравнению с п/ст 6/0,4 №5, 9 и 54, а также наличием свободного места и как следствие простаиванию мощностей на данных п/ст наиболее лучшим будет сравнить вариант размещения трансформаторной подстанции на площадке: сделать ее внутри помещения или установить КТП наружного исполнения.

Сравнение вариантов сведено в таблицу 7.

Таблица 7 – Сравнение вариантов по размещению трансформаторной подстанции

Вариант	Достоинства	Недостатки
КТПВ	1) Не требует возведения отдельного сооружения; 2) Снижение протяженности кабельных линий от РУ до потребителей. 3) Не требует специальных мероприятий для отопления помещения	1) Высокая стоимость; 2) Требуется закладывать размеры помещения в конструкцию здания при разработке; 3) Зачастую не поддается изменению в конструкции.
КТПН	1) Более компактна; 2) Более мобильна.	1) Увеличение протяженности кабельных линий до потребителей; 2) Требуются мероприятия для отопления в холодное время года; 3) Ограничение по мощности трансформаторов; 4) Более дорогое обслуживание и ремонт.

В обоих случаях будет приниматься к установке двухтрансформаторная подстанция с мощностью одного трансформатора S_n , кВА

$$S_n = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{2400}{0,8 \cdot 2} = 1500 \text{ кВА} \quad (1)$$

Принимаем мощность одного трансформатора на подстанции равной $S_n = 1600$ кВА.

Для выбора высоковольтного выключателя, трансформаторов тока и высоковольтного кабеля для нагрузки площадки определим расчетный ток для каждой позиции по формуле:

$$I_p = 1,4 \cdot \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (2)$$

Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение $S, \text{мм}^2$ определяется из соотношения:

$$S = \frac{I_p}{j_{эк}} \quad (3)$$

где I_p — расчетный ток в час максимума энергосистемы, А;

$j_{эк}$ — нормированное значение экономической плотности тока, А/мм^2 , для заданных условий работы принимаем равным 2 А/мм^2 .

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

Результаты расчетов сведены в таблицу 8

Таблица 8 – Расчетный ток для оборудования

Наименование	Номинальная мощность S_n , кВА	Расчетный ток I_p , А	Длина кабеля, м	Экономически целесообразное сечение кабеля $S, \text{мм}^2$
Т-1	1600	205,3	65	102,65
Т-2	1600	205,3	100	102,65

2.3 Электромонтажная фирма

Данная фирма располагается в действующих ремонтных цехах, с готовой инфраструктурой и электроснабжением, которое производится с трех п/ст 0,4 кВ № 14, № 69 и № 76. Однако в связи с расширением одного из цехов и заменой ремонтного оборудования в данных цехах, можно рассмотреть вариант с установкой собственной подстанции.

Суммарная нагрузка которую фирма планирует потреблять составляет 2,8 МВт. Согласно рисунку 7, каждый цех фирмы равноудален друг от друга и составляет треугольник с п/ст № 14 в центре, поэтому в качестве альтернативы логично рассмотреть вариант с реконструкцией п/ст № 14. Либо провести реконструкцию отдельно стоящей п/ст № 69, так как большинство оборудования фирмы запитано именно с нее.

Так как есть возможность в данном случае взять одну из рядом стоящих подстанций и провести ее реконструкцию, переведя при этом стороннюю нагрузку на другую подстанцию, то это возьмем как исходный вариант сравнения. Для того чтобы определить какую из двух подстанций реконструировать и забрать в пользование фирмой, сравним эти варианты и сведем достоинства и недостатки в таблицу 9.

Таблица 9 – Сравнение вариантов электроснабжения

Вариант	Достоинства	Недостатки
Реконструкция п/ст № 14	1) Наиболее приближенная ко всем цехам; 2) Запитаны потребители всех трех цехов фирмы	1) Располагается в здании не входящем в состав фирмы; 2) Имеет небольшое количество отходящих фидеров.

Продолжение таблицы 9

Реконструкция п/ст № 69	1) Отдельно стоящее здание; 2) Распределительное устройство имеет большое число отходящих фидеров; 3) Большая часть оборудования фирмы запитано с данной п/ст	1) Более удаленная п/ст, чем п/ст №14; 2) Требуется прокладка кабельных линий большей протяженности.
----------------------------	---	---

Так как итогом реконструкции будет перепрофилирование подстанции под мощности компании, проведем расчет минимально допустимой мощности трансформатора для подстанции. В обоих случаях будет приниматься к установке двухтрансформаторная подстанция с мощностью одного трансформатора S_n , кВА

$$S_n = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{2800}{0,8 \cdot 2} = 1750 \text{ кВА} \quad (1)$$

Принимаем мощность одного трансформатора на подстанции равной $S_n = 2500$ кВА.

Исходя из таблицы 9 выбираем как окончательный вариант реконструкцию п/ст 69, так как это отдельно стоящее здание и изменение мощности трансформаторов не потребует дальнейшего расширения подстанции.

Для выбора высоковольтного выключателя, трансформаторов тока и высоковольтного кабеля для нагрузки площадки определим расчетный ток для каждой позиции по формуле:

$$I_p = 1,4 \cdot \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (2)$$

Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение $S, \text{мм}^2$ определяется из соотношения:

$$S = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} \quad (3)$$

где I_p — расчетный ток в час максимума энергосистемы, А;

$j_{\text{эк}}$ — нормированное значение экономической плотности тока, А/мм², для заданных условий работы принимаем равным 2 А/мм².

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

Результаты расчетов сведены в таблицу 10

Таблица 10 – Расчетный ток для оборудования

Наименование	Номинальная мощность S_n , кВА	Расчетный ток I_p , А	Длина кабеля, м	Экономически целесообразное сечение кабеля S , мм ²
Т-1-69	2500	320,8	400	160,4
Т-2-69	2500	320,8	400	160,4

2.4 Шинная компания

Компания по производству шин расположилась на одной из самых крупных площадок и является одним из основных потребителей резины, выпускаемой на совместном производстве. Основным продуктом выпуска являются шины для легковых и грузовых автомобилей различных модификаций.

Суммарная мощность потребления составит 17,2 МВт. На территории площадки есть две подстанции 6/0,4 кВ № 34 и № 81, с которых запитаны три подстанции 0,4 кВ: № 21а и № 42 с п/ст №81; ТП 5 с п/ст № 34. Так как производство шин относится ко 2 категории надежности, а также для предотвращения перерывов в производстве целесообразно будет сделать для

каждой п/ст 0,4 кВ два независимых источника питания. Для этого можно воспользоваться свободными ячейками на п/ст 34, на которой имеется 23 свободные ячейки и п/ст 81, на которой есть 6 резервных ячеек. Распределение нагрузки площадки сведено в таблицу 11.

Таблица 11 – Распределение нагрузки шинной компании

Наименование нагрузки	Мощность, МВт
Высоковольтная нагрузка запитанная с п/ст 34	
Линия №1	2,5
Линия №2	2
Линия №3	2
Линия №4	2
Низковольтная нагрузка	
п/ст 21а	1,47
п/ст 42	1,65
п/ст 81	5,3
ТП 5	0,28

Подстанции №21а и №42 будут установлены два трансформатора, ТП5 будет однитрансформаторной, а подстанция №81 будет иметь шесть трансформаторов с мощностью одного трансформатора для каждой из подстанций S_n , кВА

$$S_{n1} = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{1470}{0,85 \cdot 2} = 864,7 \text{ кВА для подстанции №21а;} \quad (1)$$

$$S_{n2} = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{1650}{0,85 \cdot 2} = 970,6 \text{ кВА для подстанции №42;} \quad (1)$$

$$S_{n3} = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{280}{0,9} = 311,1 \text{ кВА для подстанции ТП5;} \quad (1)$$

$$S_{n4} = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{5300}{0,8 \cdot 6} = 1104,2 \text{ кВА для подстанции №81.} \quad (1)$$

Принимаем: мощность одного трансформатора на подстанциях №21а и №42 равной $S_n = 1000$ кВА, мощность трансформатора для ТП5 равной $S_n =$

400 кВА, мощность одного трансформатора для подстанции №81 равной $S_n = 1250$ кВА

Для выбора высоковольтного выключателя, трансформаторов тока и высоковольтного кабеля для нагрузки площадки определим расчетный ток для каждой позиции по формуле:

$$I_p = 1,4 \cdot \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (2)$$

Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение $S, \text{мм}^2$ определяется из соотношения:

$$S = \frac{I_p}{j_{эк}} \quad (3)$$

где I_p — расчетный ток в час максимума энергосистемы, А;

$j_{эк}$ — нормированное значение экономической плотности тока, А/мм^2 , для заданных условий работы принимаем равным 2 А/мм^2 .

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

Результаты расчетов сведены в таблицу 12

Таблица 12 – Расчетный ток для оборудования

Наименование	Номинальная мощность S_n , кВА	Расчетный ток I_p , А	Длина кабеля, м	Экономически целесообразное сечение кабеля $S, \text{мм}^2$
Т-1-21а	1000	128,3	1250	64,15
Т-2-21а	1000	128,3	1250	64,15
Т-1-81	1250	160,4	25	80,2

Продолжение таблицы 12

Т-2-81	1250	160,4	25	80,2
Т-3-81	1250	160,4	25	80,2
Т-4-81	1250	160,4	25	80,2
Т-5-81	1250	160,4	25	80,2
Т-6-81	1250	160,4	25	80,2
ТП 5	400	51,3	1800	25,65
Т-1-42	1000	128,3	1200	64,15
Т-2-42	1000	128,3	1200	64,15
Линия №1	2500	320,8	300	160,4
Линия №2	2000	256,6	310	128,3
Линия №3	2000	256,6	305	128,3
Линия №4	2000	256,6	315	128,3

2.5 Фармацевтическая компания № 1

Данная компания расположена за территории завода и представляет собой две площадки находящиеся через дорогу друг от друга возле одной из проходных завода. Фармацевтическая компания № 1 специализируется на производстве медицинских принадлежностей: резиновых перчаток, марлевых повязок, бинтов, шприцов и тому подобного. На основной площадке компании располагается производство с несколькими линиями, что способствует выпуску разнообразной продукции, которая по нескольким закрытым транспортерным лентам поступает на склад готовой продукции через дорогу. Там продукцию расфасовывают и отправляют потребителю автотранспортом или железнодорожным сообщением, так как на складе есть своя ж/д станция.

Суммарная мощность компании 7,7 МВт. На территории компании нет собственных подстанций, поэтому необходимо установить на территории основного производства встроенную подстанцию 6/0,4 кВ с распределительным устройством высокого напряжения, так как на основном производстве есть высоковольтное оборудование. В непосредственной близости от площадки

находится ГПП 2, на которой есть свободные ячейки в количестве 10 штук. В качестве второй линии питания необходимо рассмотреть варианты с прокладкой кабельной линии от Тольяттинской ТЭЦ или от одной из подстанций 6/0,4 кВ. Сравнение этих вариантов сведено в таблицу 13.

Таблица 13 – Сравнение вариантов электроснабжения площадки

Вариант	Достоинства	Недостатки
КЛ с ТолТЭЦ	1) Доступная мощность; 2) Возможность передачи реактивной мощности для компенсации.	1) Частые отклонения напряжения от номинального; 2) Протяженность КЛ больше, чем КЛ с ближайшей п/ст 6/0,4 кВ 3) Необходимо оплачивать АО «Тольяттисинтез» стоимость передачи
КЛ с п/ст 6/0,4 кВ	1) Электроэнергия поступает без сильных отклонений 2) Использование свободной мощности, которая простаивает на п/ст 3) Электроэнергия оплачивается без дополнительных надбавок за передачу.	1) При выводе в ремонт секции подстанции, необходимо выводить в ремонт и линию питания.

На территории склада готовой продукции необходимо разместить комплектную трансформаторную подстанцию встроенного типа с двумя

трансформаторами, запитанную с подстанции 6/0,4 кВ основного производства. Распределение нагрузки площадки сведено в таблицу 14.

Таблица 14 – Распределение нагрузки фармацевтической компании №1

Наименование нагрузки	Мощность, МВт
Высоковольтная нагрузка запитанная с п/ст основного производства	
Линия №1	1
Линия №2	1
Линия №3	1
Низковольтная нагрузка	
п/ст основного производства	2,3
п/ст склада	2,4

В обоих случаях будет приниматься к установке двухтрансформаторная подстанция с мощностью одного трансформатора S_n , кВА

$$S_{n1} = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{2300}{0,8 \cdot 2} = 1437,5 \text{ кВА} \quad (1)$$

$$S_{n2} = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{2400}{0,8 \cdot 2} = 1500 \text{ кВА} \quad (1)$$

Принимаем мощность одного трансформатора на подстанции основного производства равной $S_n = 1600$ кВА, на подстанции склада $S_n = 1600$ кВА.

Исходя из таблицы 13 выбираем как окончательный вариант запитывание второго ввода подстанции основного производства с ближайшей подстанции 6/0,4 кВ, так как частые отклонения напряжения подаваемого с Тольяттинской ТЭЦ могут нести негативное воздействие на оборудование компании и как следствие уменьшения срока службы оборудования.

Для выбора высоковольтного выключателя, трансформаторов тока и высоковольтного кабеля для нагрузки площадки определим расчетный ток для каждой позиции по формуле:

$$I_p = 1,4 \cdot \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (2)$$

Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение $S, \text{мм}^2$ определяется из соотношения:

$$S = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} \quad (3)$$

где I_p — расчетный ток в час максимума энергосистемы, А;

$j_{\text{эк}}$ — нормированное значение экономической плотности тока, А/мм^2 , для заданных условий работы принимаем равным 2 А/мм^2 .

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

Результаты расчетов сведены в таблицу 15

Таблица 15 – Расчетный ток для оборудования

Наименование	Номинальная мощность S_n , кВА	Расчетный ток I_p , А	Длина кабеля, м	Экономически целесообразное сечение кабеля S , мм^2
Т-1 п/ст основного производства	1600	205,3	25	102,65
Т-1 п/ст склада	1600	205,3	150	102,65
Т-2 п/ст основного производства	1600	205,3	25	102,65
Т-2 п/ст склада	1600	205,3	150	102,65
Линия №1	1000	128,3	40	64,15
Линия №2	1000	128,3	45	64,15
Линия №3	1000	128,3	50	64,15

2.6 Фармацевтическая компания №2

Фармацевтическая компания № 2 располагается на четырех участках индустриального парка. Данная компания специализируется на производстве лекарств в различной форме: таблетки, капсулы, ампулы, микстуры и т.д. На самом большом участке расположено производство № 1, основной продукцией которого является выпуск жидких лекарств, а также инъекций различных видов. На производствах №2 и №3 выпускают лекарственные препараты в виде таблеток и капсул и т.д. На производстве ампул выпускают продукцию для основного производства и поставляют автомобильным транспортом. У данной компании нет отдельного склада готовой продукции, поэтому продукция производится и сразу отправляется потребителю.

Суммарная мощность компании составляет 12,5 МВт. На территории основного производства находится ГПП 4, с которого целесообразно запитать собственную трансформаторную подстанцию двумя линиями, так как на производстве нет особо ответственных потребителей, однако имеется высоковольтная нагрузка. На ГПП 4 имеется достаточно свободных ячеек для того чтобы произвести запитывание производства (имеется 8 резервных ячеек).

Производство ампул находится на самой отдаленной площадке индустриального парка. на территории производства имеется п/ст 0,4 кВ № 52, которая способна обеспечить энергопотребление производства.

Производство № 3 имеет на территории п/ст 0,4 кВ № 38, которая не способна удовлетворить потребность в электроэнергии производства, поэтому для повышения мощности необходимо будет произвести реконструкцию подстанции с установкой более мощных трансформаторов, либо компенсировать недостаток мощности путем установки трансформаторной подстанции 6/0,4 кВ на производстве №2, которое расположено рядом. Однако ближайшая подстанция 6/0,4 кВ расположена в 2,5 км от производства, поэтому в качестве альтернативного варианта, и ввиду того, что производство удаленно от крупных подстанций, рассмотрим вариант с установкой на территории

производства № 2 мини ТЭЦ на базе ДВС. Достоинства и недостатки вариантов сведены в таблицу 16.

Таблица 16 – Сравнение вариантов электроснабжения площадки

Вариант	Достоинства	Недостатки
КЛ с ближайшей п/ст 6/0,4 кВ и установка КТП	1) Значительно дешевле, чем мини ТЭЦ	1) Протягивание длинных КЛ; 2) Оплата электроэнергии, тепла и горячей воды; 3) Необходимость подвода всех коммуникаций
Установка мини ТЭЦ	1) Экологичность; 2) Тепло и горячая вода как сопутствующий продукт; 3) Низкая себестоимость электроэнергии.	1) Высокая цена; 2) Ограниченный ресурс работы

Распределение нагрузки площадки сведено в таблицу 17.

Таблица 17 – Распределение нагрузки фармацевтической компании №2

Наименование нагрузки	Мощность, МВт
Высоковольтная нагрузка запитанная с п/ст производства №1	
Линия №1	1
Линия №2	1
Низковольтная нагрузка	
п/ст производства №1	3,1
п/ст 52	1,7
п/ст 38	1,7
п/ст производства №3	4

На производстве №1 будет приниматься к установке двухтрансформаторная подстанция с мощностью одного трансформатора S_n , кВА

$$S_n = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{3100}{0,85 \cdot 2} = 1823,5 \text{ кВА} \quad (1)$$

Принимаем мощность одного трансформатора на подстанции производства №1 равной $S_n = 2500$ кВА.

На подстанциях № 38 и №52 мощность одного трансформатора S_n , кВА будет равна

$$S_n = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{1700}{0,8 \cdot 2} = 1062,5 \text{ кВА для п/ст 38} \quad (1)$$

$$S_n = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{1700}{0,8 \cdot 2} = 1062,5 \text{ кВА для п/ст 52} \quad (1)$$

Принимаем мощность одного трансформатора на данных подстанциях равной $S_n = 1250$ кВА

На производстве №3 ввиду высокой стоимости, а также тем, что основными производителями мини ТЭЦ являются зарубежные компании - сделан выбор в пользу установки КТП, мощность одного трансформатора S_n составит

$$S_n = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{4000}{0,85 \cdot 2} = 2353 \text{ кВА при установке 2-х трансформаторов}$$

$$S_n = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{4000}{0,85 \cdot 3} = 1568,6 \text{ кВА при установке 3-х трансформаторов}$$

Принимаем мощность одного трансформатора равной $S_n = 2500$ кВА при установке двухтрансформаторной подстанции и $S_n = 1600$ кВА при установке трехтрансформаторной подстанции.

Для выбора высоковольтного выключателя, трансформаторов тока и высоковольтного кабеля для нагрузки площадки определим расчетный ток для каждой позиции по формуле:

$$I_p = 1,4 \cdot \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (2)$$

Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение $S, \text{мм}^2$ определяется из соотношения:

$$S = \frac{I_p}{j_{эк}} \quad (3)$$

где I_p — расчетный ток в час максимума энергосистемы, А;

$j_{эк}$ — нормированное значение экономической плотности тока, А/мм^2 , для заданных условий работы принимаем равным 2 А/мм^2 .

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

Результаты расчетов сведены в таблицу 18.

Таблица 18 – Расчетный ток для оборудования

Наименование	Номинальная мощность S_n , кВА	Расчетный ток I_p , А	Длина кабеля, м	Экономически целесообразное сечение кабеля S , мм^2
Т-1-38	1250	160,4	1700	80,2
Т-2-38	1250	160,4	1700	80,2
Т-1-52	1250	160,4	350	80,2
Т-2-52	1250	160,4	350	80,2
Т-1 п/ст производства №1	2500	320,8	25	160,4
Т-2 п/ст производства №1	2500	320,8	25	160,4

Продолжение таблицы 18

Т-1 п/ст производства №3	1600	205,3	400	102,65
Т-2 п/ст производства №3	1600	205,3	400	102,65
Т-3 п/ст производства №3	1600	205,3	400	102,65
Т-1 п/ст производства №3	2500	320,8	400	160,4
Т-2 п/ст производства №3	2500	320,8	400	160,4
Линия №1	1000	128,3	100	64,15
Линия №2	1000	128,3	110	64,15

2.7 Компания по производству автокомпонентов

Данное производство расположено на двух участках индустриального парка и состоит из основного производства и склада готовой продукции. Основными видами выпускаемой продукции являются резинотехнические изделия для автомобилей.

Суммарная мощность производства составляет 14,2 МВт. На территории компании нет собственных подстанций, поэтому требуется установить двухтрансформаторную подстанцию с распределительными устройствами высокого и низкого напряжения на основном производстве, так как есть высоковольтные потребители. Также на площадке склада готовой продукции необходимо установить комплектную трансформаторную подстанцию, которую можно запитать от подстанции основного производства. Подстанцию основного производства можно запитать с двух разных ГПП (2 и 4) или с ГПП 2 и п/ст 6/0,4 № 3. Ввиду того, что с ГПП 4 уже запитано производство №1 фармацевтической компании №2 и для задействования свободных мощностей п/ст №3 вариант с запитыванием двумя кабельными линиями с ГПП 2 и п/ст

№3 является предпочтительным. Для подстанции склада готовой продукции рассмотрим два варианта: установка однострансформаторной КТП или установка двухтрансформаторной подстанции. Сравнение вариантов сведено в таблицу 19.

Таблица 19 – Сравнение вариантов установки трансформаторной подстанции

Вариант	Достоинства	Недостатки
Однострансформаторная	1) Меньше затрат на покупку; 2) Занимает меньше места.	1) Резервирование возможно только со стороны приходящей линии; 2) Больше расходов на эксплуатацию
Двухтрансформаторная	1) Возможно резервирование со стороны РУ низкого напряжения	1) Цена; 2) Требуется больше помещение под установку подстанции.

Распределение нагрузки площадки сведено в таблицу 20.

Таблица 20 – Распределение нагрузки компании

Наименование нагрузки	Мощность, МВт
Высоковольтная нагрузка запитанная с п/ст основного производства	
Линия №1	2
Линия №2	2,5
Линия №3	2,5
Линия №4	2,5
Низковольтная нагрузка	
п/ст основного производства	3,4
п/ст склада	1,3

Для подстанции основного производства будет приниматься к установке двухтрансформаторная подстанция с мощностью одного трансформатора S_n , кВА

$$S_n = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{3400}{0,8 \cdot 2} = 2125 \text{ кВА} \quad (1)$$

Принимаем мощность одного трансформатора на подстанции основного производства равной $S_n = 2500$ кВА.

Для подстанции склада готовой продукции сравнивают варианты установки на подстанции одного или двух трансформаторов. Мощность одного трансформатора S_n , кВА

$$S_n = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{1300}{0,8 \cdot 2} = 812,5 \text{ кВА} \text{ при установке 2-х трансформаторов}$$

$$S_n = \frac{P_{\Sigma}}{K_z \cdot N_{mp}} = \frac{1300}{0,9} = 1444,4 \text{ кВА} \text{ при установке одного}$$

трансформатора

Принимаем мощность одного трансформатора равной $S_n = 1000$ кВА при установке двухтрансформаторной подстанции и $S_n = 1600$ кВА при установке однострансформаторной подстанции.

Для выбора высоковольтного выключателя, трансформаторов тока и высоковольтного кабеля для нагрузки площадки определим расчетный ток для каждой позиции по формуле:

$$I_p = 1,4 \cdot \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (2)$$

Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение $S, \text{мм}^2$ определяется из соотношения:

$$S = \frac{I_p}{j_{эк}} \quad (3)$$

где I_p — расчетный ток в час максимума энергосистемы, А;

$J_{эк.}$ — нормированное значение экономической плотности тока, А/мм²,
для заданных условий работы принимаем равным 2 А/мм².

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

Результаты расчетов сведены в таблицу 21

Таблица 21 – Расчетный ток для оборудования

Наименование	Номинальная мощность S_n , кВА	Расчетный ток I_p , А	Длина кабеля, м	Экономически целесообразное сечение кабеля S , мм ²
Линия №1	2000	256,6	100	128,3
Линия №2	2500	320,8	150	160,4
Линия №3	2500	320,8	200	160,4
Линия №4	2500	320,8	50	160,4
Т-1 п/ст основного производства	2500	320,8	25	160,4
Т-2 п/ст основного производства	2500	320,8	25	160,4
Т-1 п/ст склада	1000	128,3	300	64,15
Т-2 п/ст склада	1000	128,3	300	64,15
Т-1 п/ст склада	1600	205,3	300	102,65

3 Выбор наиболее оптимального варианта схемы электроснабжения для каждой из производственных площадок индустриального парка.

Выбор производится на основании технического расчета вариантов приведенных в главе 2. Для каждой площадки будут выбраны трансформаторы на подстанциях, высоковольтные выключатели, трансформаторы тока и силовые кабели.

Трансформаторы будут выбираться из трех вариантов продукции Самарского завода «Электроштит»: ТМГ, ТНГ и ТСЛ. Номинальные характеристики вариантов сведены в таблицы 22, 23 и 24.

Таблица 22 – Номинальные характеристики трансформатора ТМГ – СЭЩ

Обозначение	Номинальная мощность, кВА	Сочетание напряжений ВН/НН, кВ/кВ	Схема и группа соединения обмоток	Потери холостого хода, Вт	Потери короткого замыкания, Вт	Напряжение короткого замыкания, %	Ток холостого хода, %
ТМГ-400/10-12	400	6.00/0.40; 6.30/0.40;	Y/Y _H -0 D/Y _H -11 Y/Z _H - 11	610	4600	4.5	1.8
ТМГ-1000/10-12	1000			1100	10500	5.5	1.2
ТМГ-1250/10-12	1250			1350	13500	6.0	1.2
ТМГ-1600/10-12	1600			1750	15000	6.0	1.0
ТМГ-2500/10-12	2500			2400	24000	6.0	0.8

Таблица 23 – Номинальные характеристики трансформатора ТСЛ – СЭЩ

Мощность трансформатора, кВА	Напряжение ВН, кВ	Напряжение НН, кВ	Потери холостого хода, Вт	Потери короткого замыкания при 115°C, Вт	Потери короткого замыкания при 120°C, Вт	Напряжение короткого замыкания, %
400	6.3	0.4	980	4 250	4 313	6
1000	6.3	0.4	1 550	9 633	9 775	6
1250	6.3	0.4	1900	11 447	11 615	6
1600	6.3	0.4	2 300	13 430	13 628	6
2500	6.3	0.4	3 200	18 927	19 205	6

Таблица 24 – Номинальные характеристики трансформатора ТНГ – СЭЩ

Обозначение	Номинальная мощность, кВА	Сочетание напряжений, ВН/НН, кВ/кВ	Схема и группа соединения обмоток	Потери холостого хода, Вт	Потери короткого замыкания, Вт	Напряжение короткого замыкания, %	Ток холостого хода, %
ТНГ(Ф)-400/10-14	400			830	6200	4.5	1.5
ТНГ(Ф)-1000/10-14	1000			1600	11800	5.5	1.3
ТНГ(Ф)-1250/10-14	1250	6.00/0.40 6.30/0.40	Y/Y _H -0 D/Y _H -11 Y/Z _H - 11	1800	17000	6.0	1.2
ТНГ(Ф)-1600/10-14	1600			2200	18200	6.0	1.1
ТНГ(Ф)-2500/10-14	2500			3600	28000	6.0	1.5

Исходя из расчетов в главе 2, выбираем для всех позиций электрооборудования промышленного парка вакуумный высоковольтный выключатель типа ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630 и трансформатор тока типа ТОЛ – СЭЩ – 10 производства Самарского завода «Электрощит». Номинальные характеристики электрооборудования сведены в таблицу 25 и 26.

Вакуумные выключатели серии ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630 предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением 6-10 кВ. Выключатели серии ВВУ-СЭЩ-П5 используются в КРУС – 75. По согласованию с предприятием-изготовителем возможна установка выключателей ВВУ-СЭЩ-П5 в другие типы ячеек. При разработке выключателей учитывался уровень лучших отечественных и зарубежных аппаратов.



Рисунок 9 – Структура условного обозначения вакуумного выключателя ВВУ-СЭЩ-П5

Конструктивно модуль выключателя состоит из:

- основания, включающего в себя сварную раму с валом выключателя, отключающей пружиной и масляным буфером;

- трёх полюсов;
- пружинно-моторного привода.

По характеру конструктивной связи с приводом выключатели имеют отдельный привод, связанный механической передачей. Выключатели и привод имеют высокую степень унификации различных исполнений.

Для выключателя типа ВВУ-СЭЩ-П5 подключение привода к внешним цепям осуществляется через клеммный ряд.

В выключателе предусмотрены:

- механизм блокировки для автоматического отключения выключателя и блокировки механического и электрического включения выключателя при неправильном оперировании ячейкой;
- панель управления для электрического включения и отключения выключателя. На панели управления имеется переключатель местного дистанционного управления выключателем

Выключатель имеет электрическую и механическую блокировку от выполнения операций при оставшейся не снятой команде на включение (в составе КРУС - 75).

Трансформатор тока ТОЛ-СЭЩ-10 кВ обеспечивает передачу сигнала измерительной информации приборам измерения, защиты, автоматики, сигнализации и управления, предназначен для использования в цепях коммерческого учета электроэнергии в электрических установках переменного тока на класс напряжения до 10 кВ.

Используясь в закрытых помещениях, они монтируются в любом положении и успешно выдерживают механические нагрузки и вибрацию.

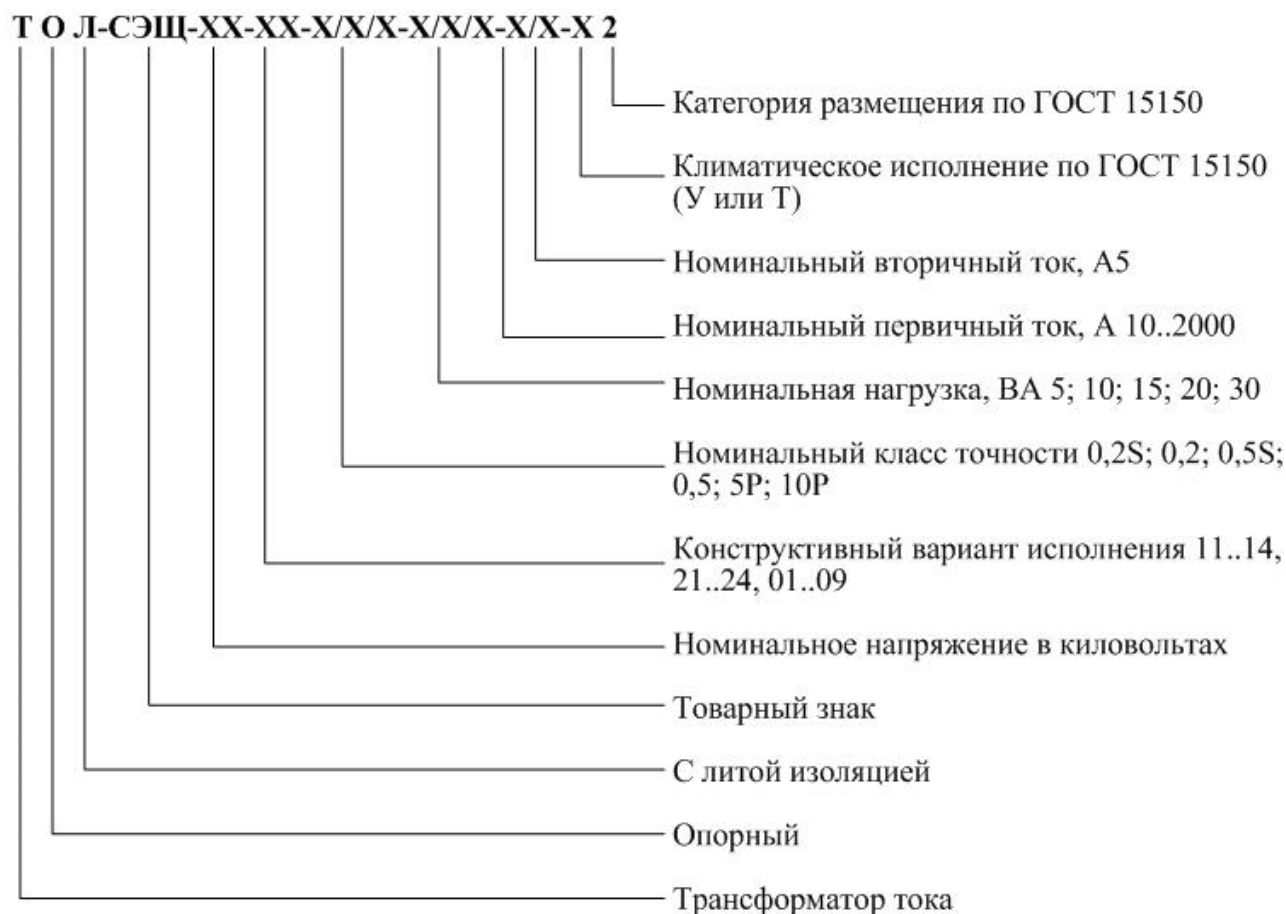


Рисунок 10 – Структура условного обозначения трансформатор тока ТОЛ-СЭЩ-10

Конструктивные особенности и преимущества:

1. Трансформаторы изготавливаются по технологии фирмы «RITZ» на оборудовании ведущих Европейских фирм.
2. Применяются современные высококачественные материалы и комплектующие.
3. Минимальные сроки проектирования и изготовления.
4. Размеры контактов первичной обмотки трансформаторов тока с коэффициентом трансформации 1000/5 и 1500/5 увеличены по сравнению с Европейскими аналогами. Поверхность контактов покрыта серебром методом напыления.
5. Конструкция первичных контактов и элементов крепления трансформаторов тока обеспечивает удобство работы при монтаже и эксплуатации изделия.

6. Возможность изготовления трансформаторов тока с разным коэффициентом трансформации тока.

7. Возможность изготовления трансформаторов тока с различными значениями токов термической стойкости.

8. Возможность изготовления трансформаторов в нескольких конструктивных исполнениях с различными техническими характеристиками.

9. Возможность изготовления трансформаторов с нестандартными характеристиками по индивидуальным заказам.

Измерительные трансформаторы ТОЛ выполнен в виде опорной конструкции. Корпус измерительных трансформаторов тока выполнен из эпоксидного компаунда, который одновременно является главной изоляцией и обеспечивает защиту обмоток от механических и климатических воздействий.

Таблица 25 – Номинальные характеристики вакуумного выключателя ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630

Наименование параметров	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630
Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальный ток, А	630
Номинальный ток отключения, кА	20
Номинальные токи включения, кА:	
эффективное значение периодической составляющей	20
амплитудное значение	50
Предельные сквозные токи, кА:	
начальное действующее значение периодической составляющей	20
наибольший пик	50
Собственное время включения, мс, не более	50
Собственное время отключения, мс	30

Продолжение таблицы 25

Ток потребления двигателя заводки включающей пружины, А, не более	1,5
Время заводки включающей пружины с, не более	10
Ресурс по механической и коммутационной стойкости, циклов ВО	25000

Таблица 26 – Номинальные характеристики трансформатора тока ТОЛ – СЭЩ – 10

Наименование параметра	ТОЛ-СЭЩ 10
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный первичный ток, А	10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000
Номинальный вторичный ток, А	5
Номинальная частота, Гц	50
Число вторичных обмоток, не более	4
Номинальная вторичная нагрузка, при $\cos\varphi_2=0,8$, В*А	
Обмотки для измерения	5; 10
Обмотки для защиты	15; 20; 30
Класс точности:	
для измерений и учета	0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S
для защиты	10P; 5P
Номинальная предельная кратность $K_{ном}$ вторичной обмотки для защиты, не менее	10; 15; 20
Номинальный коэффициент безопасности приборов $K_{бном}$ вторичной обмотки для измерений, не менее	5; 10; 15

Выбираем для запитывания высоковольтного оборудования медный кабель марки ВБбШнг. Его технические характеристики представлены в таблице 27.

Расшифровка кабеля ВБбШнг:

«В» - Изоляция жил из поливинилхлоридного пластика.

«Б» - Броня из двух стальных лент.

«б» - Без подушки, которая является внутренней частью защитного покрова, наложенная под броней с целью предохранения находящегося под ней элемента от коррозии и механических повреждений лентами или проволоками брони.

«Шнг» - Защитный покров в виде выпрессованного шланга из поливинилхлоридного пластика пониженной горючести.

Кабели ВБбШнг применяются для прокладки:

1. на открытом воздухе
2. в помещениях (объёмах) с повышенной влажностью
3. в сооружениях метрополитенов
4. в трубах и в земле (траншеях) на отдельных участках кабельной трассы при условии дополнительной защиты от механических повреждений
5. в пожароопасных помещениях
6. во взрывоопасных зонах класса В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIa
7. при отсутствии растягивающих усилий в процессе эксплуатации

Таблица 27 – Технические характеристики кабеля марки ВБбШнг [49].

Вид климатического исполнения	УХЛ и Т
Категория размещения	1 и 5
Диапазон температур эксплуатации	-50÷+50°C
Относительная влажность воздуха при температуре до +35°C	До 98%
Прокладка и монтаж без предварительного подогрева производится при температуре не ниже	-15°C

Продолжение таблицы 27

Минимальный радиус изгиба при прокладке: Кабелей одножильных Кабелей многожильных	15 наруж. диаметров 7,5 наруж. диаметров
Номинальная частота	50 Гц
Испытательное переменное напряжение частотой 50 Гц а напряжение 1 кВ	3,5 кВ
Длительно допустимая температура нагрева жил при эксплуатации	+70°C
Строительная длина проводов для сечения основных жил: 1,5-16 мм ² 25-70 мм ² 95 мм ² и выше	450 м 300 м 200 м
Гарантийный срок эксплуатации	5 лет с даты ввода в эксплуатацию
Срок службы	30 лет

3.1 Комплекс по производству резины

Расчет для данной площадки сводится к выбору типа трансформатора для подстанций площадки, мощность одного трансформатора для каждой КТП одинакова.

Таблица 28 – Сравнение типов трансформаторов

Номер варианта	Тип трансформатора	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Напряжение к.з., %	Ток х.х., %	Цена, руб.
1	ТМГ-СЭЩ 1000/6,3-12	1100	10500	5,5	1,2	400000
2	ТНГ-СЭЩ 1000/6,3-14	1600	11800	5,5	1,3	835000

Продолжение таблицы 28

3	ТСЛ-СЭЩ 1000/6,3	1550	9775	6,0	1,3	705000
---	---------------------	------	------	-----	-----	--------

Затраты на установку трансформаторной подстанции

$$Z_{КТП} = E \cdot K_{ТП} + C \cdot \Delta P_T, \quad (4)$$

где $E = 0,223$ – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в КТП;

$K_{ТП}$ – стоимость одного трансформатора;

$$C \cdot \Delta P_m = C_o \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_z^2 \cdot \Delta P_{кз}, \quad (5)$$

где C – удельная стоимость максимальных активных нагрузочных потерь

C_o – удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора

$$C_o = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (6)$$

$$C = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau,$$

где $a = 386,3$ руб/кВт – основная ставка двухставочного тарифа;

$\beta = 0,2$ руб/кВт час – дополнительная плата за один кВт час потребленной электроэнергии;

$T_p = 8760$ ч – время работы трансформатора в году;

$T_m = 4500$ ч – время использования максимальной нагрузки предприятием в год;

τ – время максимальных потерь

$$\tau = (0,124 + \frac{T_m}{10000})^2 \cdot T_p = (0,124 + \frac{4500}{10000})^2 \cdot 8760 = 2,9 \cdot 10^3 \text{ ч}; \quad (7)$$

$$C_o = (\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2}) \cdot 8760 = 769,52 \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{год};$$

$$C = (\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2}) \cdot 2,9 \cdot 10^3 = 254,75 \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{год};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_1 = 769,52 \cdot 1,1 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 10,5 = 2779,1 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_2 = 769,52 \cdot 1,6 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 11,8 = 3403,1 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_3 = 769,52 \cdot 1,55 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 9,775 = 2992 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{КТП1} = 0,223 \cdot 400 \cdot 2 + 2779,1 = 2965,5 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{КТП2} = 0,223 \cdot 835 \cdot 2 + 3403,1 = 7178,6 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{КТП3} = 0,223 \cdot 705 \cdot 2 + 2992 = 3306,4 \text{ тыс.руб}.$$

Окончательно к установке на всех подстанциях площадки принимаем трансформаторы типа ТМГ-СЭЩ 1000/6,3-12 с номинальной мощностью $S_n = 1000$ кВА.

Остальное высоковольтное электрооборудование для нагрузки площадки сведено в таблицу 29

Таблица 29 – Высоковольтное оборудование компании

Наименование	Расчетный ток I_p , А	Высоковольтный выключатель	Трансформатор тока	Силовой кабель
Т-1-16	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70
Т-2-16	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70
Т-1-20	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70
Т-2-20	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70

Продолжение таблицы 29

Т-1-23	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБ6Шнг 3×70
Т-2-23	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБ6Шнг 3×70
Т-1-25	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБ6Шнг 3×70
Т-2-25	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБ6Шнг 3×70
Компрессор №1	80,8	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-100/5	ВБ6Шнг 3×50
Компрессор №2	80,8	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-100/5	ВБ6Шнг 3×50
Линия №1	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБ6Шнг 3×70
Линия №2	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБ6Шнг 3×70
Линия №3	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБ6Шнг 3×70

3.2 Компания по производству солнечных батарей

Расчет для данной площадки сводится к выбору типа КТП площадки, мощность одного трансформатора для КТП равна $S_n = 1600$ кВА

Таблица 30 – Сравнение типов КТП

Номер варианта	Тип КТП	Тип трансформато ра	Стоимость КТП без трансформатора, руб.	Стоимость одного трансформат ора, руб.	Итогова я цена КТП, руб.
1	2КТП- ВЦ-АТ- 1600/6/0 ,4-У3	ТСЛ-СЭЩ 1600/6,3	2050000	900000	3850000

Продолжение таблицы 30

2	2КТПН У-АТ- 1600/6/0 ,4-У1	ТМГ-СЭЩ 1600/6,3-12	2350000	610000	3570000
---	-------------------------------------	------------------------	---------	--------	---------

Таблица 31 – Данные трансформаторов

Тип трансформатора	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Напряжение к.з., %	Ток х.х., %
ТСЛ-СЭЩ 1600/6,3	2300	13628	6	1
ТМГ-СЭЩ 1600/6,3-12	1750	15000	6	1

Затраты на установку трансформаторной подстанции

$$Z_{КТП} = E \cdot K_{ТП} + C \cdot \Delta P_T, \quad (4)$$

где $E = 0,223$ – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в КТП;

$K_{ТП}$ – стоимость КТП;

$$C \cdot \Delta P_m = C_o \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_z^2 \cdot \Delta P_{кз}, \quad (5)$$

где C – удельная стоимость максимальных активных нагрузочных потерь

C_o – удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора

$$C_o = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (6)$$

$$C = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau,$$

где $a = 386,3$ руб/кВт – основная ставка двухставочного тарифа;
 $\beta = 0,2$ руб/кВт час – дополнительная плата за один кВт час
 потребленной электроэнергии;

$T_p = 8760$ ч – время работы трансформатора в году;

$T_m = 4500$ ч – время использования максимальной нагрузки
 предприятием в год;

τ = время максимальных потерь

$$\tau = (0,124 + \frac{T_m}{10000})^2 \cdot T_p = (0,124 + \frac{4500}{10000})^2 \cdot 8760 = 2,9 \cdot 10^3 \text{ ч}; \quad (7)$$

$$C_o = (\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2}) \cdot 8760 = 769,52 \text{ руб / кВт} \cdot \text{год};$$

$$C = (\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2}) \cdot 2,9 \cdot 10^3 = 254,75 \text{ руб / кВт} \cdot \text{год};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_1 = 769,52 \cdot 2,3 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 13,628 = 4278,2 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_2 = 769,52 \cdot 1,75 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 15 = 4107,6 \text{ тыс.руб};$$

$$Z_{кпп1} = 0,223 \cdot 3850 + 4278,2 = 5136,8 \text{ тыс.руб};$$

$$Z_{кпп2} = 0,223 \cdot 3570 + 4107,6 = 4903,7 \text{ тыс.руб};$$

Окончательно к установке на площадке принимаем 2КТП-ВЦ-АТ-1600/6/0,4-УЗ с двумя трансформаторами типа ТМГ-СЭЩ 1600/6,3-12.

Остальное высоковольтное электрооборудование для нагрузки площадки сведено в таблицу 32

Таблица 32 – Высоковольтное оборудование компании

Наименование	Расчетный ток I_p , А	Высоковольтный выключатель	Трансформатор тока	Силовой кабель
Т-1	205,3	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВББШнг 3×95

Продолжение таблицы 32

Т-2	205,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБ6Шнг 3×95
-----	-------	--------------------------	--------------	----------------

3.3 Электромонтажная фирма

Расчет для данной площадки сводится к выбору типа трансформатора для подстанции площадки.

Таблица 33 – Сравнение типов трансформаторов

Номер варианта	Тип трансформатор а	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Цена трансфор матора, руб.	Цена реконструкци и п/ст, руб.	Итоговая цена реконструкции, руб.
1	ТМГ-СЭЩ 2500/6,3-12	2400	24000	1000000	1000000	3000000
2	ТСЛ-СЭЩ 2500/6,3	3200	18927	1350000	1000000	3700000

Затраты на установку трансформаторной подстанции

$$З_{КТП} = E \cdot K_{ТП} + C \cdot \Delta P_T, \quad (4)$$

где $E = 0,223$ – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в КТП;

$K_{ТП}$ – стоимость реконструкции КТП;

$$C \cdot \Delta P_m = C_o \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_z^2 \cdot \Delta P_{кз}, \quad (5)$$

где C – удельная стоимость максимальных активных нагрузочных потерь

C_o – удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора

$$C_o = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (6)$$

$$C = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau,$$

где $a = 386,3$ руб/кВт – основная ставка двухставочного тарифа;
 $\beta = 0,2$ руб/кВт час – дополнительная плата за один кВт час
 потребленной электроэнергии;

$T_p = 8760$ ч – время работы трансформатора в году;

$T_m = 4500$ ч – время использования максимальной нагрузки
 предприятием в год;

τ = время максимальных потерь

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot T_p = \left(0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2,9 \cdot 10^3 \text{ ч}; \quad (7)$$

$$C_o = \left(\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 8760 = 769,52 \text{ руб / кВт} \cdot \text{год};$$

$$C = \left(\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 2,9 \cdot 10^3 = 254,75 \text{ руб / кВт} \cdot \text{год};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_1 = 769,52 \cdot 2,4 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 24 = 6264,3 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_2 = 769,52 \cdot 3,2 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 18,927 = 5946,1 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{кпп1} = 0,223 \cdot 3000 + 6264,3 = 6933,3 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{кпп2} = 0,223 \cdot 3700 + 5946,1 = 6771,2 \text{ тыс.руб};$$

Окончательно к установке при реконструкции подстанции площадки
 принимаем трансформаторы типа ТСЛ-СЭЩ 2500/6,3 с номинальной
 мощностью $S_n = 2500$ кВА.

Остальное высоковольтное электрооборудование для нагрузки площадки сведено в таблицу 34

Таблица 34 – Высоковольтное оборудование компании

Наименование	Расчетный ток I_p , А	Высоковольтный выключатель	Трансформатор тока	Силовой кабель
Т-1-69	320,8	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-400/5	ВБбШнг 3×150
Т-2-69	320,8	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-400/5	ВБбШнг 3×150

3.4 Шинная компания

Расчет для данной площадки сводится к выбору типа трансформатора для подстанций площадки, мощность одного трансформатора для подстанций №21а №42 $S_H = 1000$ кВА, мощность трансформатора для ТП5 $S_H = 400$ кВА, мощность одного трансформатора для подстанции №81 $S_H = 1250$ кВА

Таблица 35 – Сравнение типов трансформаторов для п/ст 21а и 42

Номер варианта	Тип трансформатора	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Напряжение к.з., %	Ток х.х., %	Цена, руб.
1	ТМГ-СЭЩ 1000/6,3-12	1100	10500	5,5	1,2	400000
2	ТНГ-СЭЩ 1000/6,3-14	1600	11800	5,5	1,3	835000
3	ТСЛ-СЭЩ 1000/6,3	1550	9775	6,0	1,3	705000

Затраты на установку трансформаторной подстанции

$$Z_{кпп} = E \cdot K_{пп} + C \cdot \Delta P_T, \quad (4)$$

где $E = 0,223$ – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в КТП;

$K_{\text{ТП}}$ – стоимость одного трансформатора;

$$C \cdot \Delta P_m = C_o \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{кз}, \quad (5)$$

где C – удельная стоимость максимальных активных нагрузочных потерь

C_o – удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора

$$C_o = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (6)$$

$$C = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau,$$

где $a = 386,3$ руб/кВт – основная ставка двухставочного тарифа;

$\beta = 0,2$ руб/кВт час – дополнительная плата за один кВт час потребленной электроэнергии;

$T_p = 8760$ ч – время работы трансформатора в году;

$T_m = 4500$ ч – время использования максимальной нагрузки предприятием в год;

τ = время максимальных потерь

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot T_p = \left(0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2,9 \cdot 10^3 \text{ ч}; \quad (7)$$

$$C_o = \left(\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 8760 = 769,52 \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{год};$$

$$C = \left(\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 2,9 \cdot 10^3 = 254,75 \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{год};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_1 = 769,52 \cdot 1,1 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 10,5 = 2779,1 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_2 = 769,52 \cdot 1,6 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 11,8 = 3403,1 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_3 = 769,52 \cdot 1,55 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 9,775 = 2992 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{кпп1} = 0,223 \cdot 400 \cdot 2 + 2779,1 = 2965,5 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{кпп2} = 0,223 \cdot 835 \cdot 2 + 3403,1 = 7178,6 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{кпп3} = 0,223 \cdot 705 \cdot 2 + 2992 = 3306,4 \text{ тыс.руб}.$$

Результаты сравнения для остальных подстанций площадки сведены в таблицу 36.

Таблица 36 – Результаты расчетов для подстанций ТП5 и 81

Тип трансформатора	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Цена одного трансформатора, руб.	Затраты на установку, $З_{кпп}$, тыс.руб.
ТМГ-СЭЩ 400/6,3-12	610	4600	120000	1445,4
ТСЛ-СЭЩ 400/6,3	980	4313	250000	1699,9
ТМГ-СЭЩ 1250/6,3-12	1350	13500	350000	3708,2
ТСЛ-СЭЩ 1250/6,3	1900	11447	800000	4398,8

Окончательно к установке принимаем: на подстанциях №21а и №42 по два трансформатора типа ТМГ-СЭЩ 1000/6,3-12 мощностью $S_n = 1000$ кВА каждый, на ТП5 трансформатор типа ТМГ-СЭЩ 400/6,3-12 мощностью $S_n = 400$ кВА, на подстанции №81 шесть трансформаторов типа ТМГ-СЭЩ 1250/6,3-12 мощностью $S_n = 1250$ кВА каждый.

Остальное высоковольтное электрооборудование для нагрузки площадки сведено в таблицу 37

Таблица 37 – Высоковольтное оборудование компании

Наименование	Расчетный ток I_p , А	Высоковольтный выключатель	Трансформатор тока	Силовой кабель
Т-1-21а	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70
Т-2-21а	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70
Т-1-81	160,4	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-200/5	ВБбШнг 3×95
Т-2-81	160,4	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-200/5	ВБбШнг 3×95
Т-3-81	160,4	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-200/5	ВБбШнг 3×95
Т-4-81	160,4	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-200/5	ВБбШнг 3×95
Т-5-81	160,4	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-200/5	ВБбШнг 3×95
Т-6-81	160,4	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-200/5	ВБбШнг 3×95
ТП 5	51,3	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-75/5	ВБбШнг 3×25
Т-1-42	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70
Т-2-42	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70
Линия №1	320,8	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-400/5	ВБбШнг 3×150
Линия №2	256,6	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБбШнг 3×120

Продолжение таблицы 37

Линия №3	256,6	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБ6Шнг 3×120
Линия №4	256,6	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБ6Шнг 3×120

3.5 Фармацевтическая компания № 1

Расчет для данной площадки сводится к выбору типа трансформатора для подстанций площадки. Мощность одного трансформатора для подстанции основного производства и подстанции склада готовой продукции составляет $S_n = 1600$ кВА.

Таблица 38 – Сравнение типов трансформаторов

Номер варианта	Тип трансформатора	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Напряжение к.з., %	Ток х.х., %	Цена, руб.
1	ТСЛ-СЭЩ 1600/6,3	2300	13628	6	1	610000
2	ТМГ-СЭЩ 1600/6,3-12	1750	15000	6	1	900000

Затраты на установку трансформаторной подстанции

$$Z_{КТП} = E \cdot K_{ТП} + C \cdot \Delta P_T, \quad (4)$$

где $E = 0,223$ – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в КТП;

$K_{ТП}$ – стоимость одного трансформатора;

$$C \cdot \Delta P_m = C_o \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{кз}, \quad (5)$$

где C – удельная стоимость максимальных активных нагрузочных потерь

C_o – удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора

$$C_o = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p,$$
$$C = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau,$$
(6)

где $a = 386,3$ руб/кВт – основная ставка двухставочного тарифа;

$\beta = 0,2$ руб/кВт час – дополнительная плата за один кВт час потребленной электроэнергии;

$T_p = 8760$ ч – время работы трансформатора в году;

$T_m = 4500$ ч – время использования максимальной нагрузки предприятием в год;

τ – время максимальных потерь

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot T_p = \left(0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2,9 \cdot 10^3 \text{ ч};$$
(7)

$$C_o = \left(\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 8760 = 769,52 \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{год};$$

$$C = \left(\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 2,9 \cdot 10^3 = 254,75 \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{год};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_1 = 769,52 \cdot 1,75 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 15 = 4107,6 \text{ тыс. руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_2 = 769,52 \cdot 2,3 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 13,628 = 4278,2 \text{ тыс. руб};$$

$$З_{кпп1} = 0,223 \cdot 610 \cdot 2 + 4107,6 = 4379,7 \text{ тыс. руб};$$

$$З_{кпп2} = 0,223 \cdot 900 \cdot 2 + 4278,2 = 4679,6 \text{ тыс. руб}.$$

Окончательно к установке на всех подстанциях площадки принимаем трансформаторы типа ТМГ-СЭЩ 1600/6,3-12 с номинальной мощностью $S_n = 1600$ кВА.

Остальное высоковольтное электрооборудование для нагрузки площадки сведено в таблицу 39.

Таблица 39 – Высоковольтное оборудование компании

Наименование	Расчетный ток I_p , А	Высоковольтный выключатель	Трансформатор тока	Силовой кабель
Т-1 п/ст основного производства	205,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБбШнг 3×95
Т-1 п/ст склада	205,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБбШнг 3×95
Т-2 п/ст основного производства	205,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБбШнг 3×95
Т-2 п/ст склада	205,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБбШнг 3×95
Линия №1	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70
Линия №2	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70
Линия №3	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70

3.6 Фармацевтическая компания №2

Расчет для данной площадки сводится к выбору типа трансформатора для подстанций площадки, мощность одного трансформатора для подстанций №38 №52 $S_n = 1250$ кВА, мощность одного трансформатора для подстанции производства №1 $S_n = 2500$ кВА. Для подстанции производства №3

необходимо будет сделать выбор по числу трансформаторов на подстанции: принимаем мощность одного трансформатора равной $S_n = 2500$ кВА при установке двухтрансформаторной подстанции и $S_n = 1600$ кВА при установке трехтрансформаторной подстанции.

Таблица 40 – Сравнение типов трансформаторов для производства №3

Номер варианта	Тип трансформатора	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Цена трансформатора, руб.
1	ТМГ-СЭЩ 2500/6,3-12	2400	24000	1000000
2	ТСЛ-СЭЩ 2500/6,3	3200	18927	1350000
3	ТСЛ-СЭЩ 1600/6,3	2300	13628	900000
4	ТМГ-СЭЩ 1600/6,3-12	1750	15000	610000

Затраты на установку трансформаторной подстанции

$$Z_{КТП} = E \cdot K_{ТП} + C \cdot \Delta P_T, \quad (4)$$

где $E = 0,223$ – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в КТП;

$K_{ТП}$ – стоимость одного трансформатора;

$$C \cdot \Delta P_m = C_o \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_s^2 \cdot \Delta P_{кз}, \quad (5)$$

где C – удельная стоимость максимальных активных нагрузочных потерь

C_o – удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора

$$C_o = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (6)$$

$$C = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau,$$

где $a = 386,3$ руб/кВт – основная ставка двухставочного тарифа;
 $\beta = 0,2$ руб/кВт час – дополнительная плата за один кВт час
 потребленной электроэнергии;

$T_p = 8760$ ч – время работы трансформатора в году;

$T_m = 4500$ ч – время использования максимальной нагрузки
 предприятием в год;

τ = время максимальных потерь

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot T_p = \left(0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2,9 \cdot 10^3 \text{ ч}; \quad (7)$$

$$C_o = \left(\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 8760 = 769,52 \text{ руб / кВт} \cdot \text{год};$$

$$C = \left(\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 2,9 \cdot 10^3 = 254,75 \text{ руб / кВт} \cdot \text{год};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_1 = 769,52 \cdot 2,4 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 24 = 6264,3 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_2 = 769,52 \cdot 3,2 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 18,927 = 5946,1 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_3 = 769,52 \cdot 2,3 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 13,628 = 4278,2 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_4 = 769,52 \cdot 1,75 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 15 = 4107,6 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{КТП1} = 0,223 \cdot 1000 \cdot 2 + 6264,3 = 6710,3 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{КТП2} = 0,223 \cdot 1700 \cdot 2 + 5946,1 = 6704,3 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{КТП3} = 0,223 \cdot 900 \cdot 3 + 4278,2 = 4880,3 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{кпп2} = 0,223 \cdot 610 \cdot 3 + 4107,6 = 4515,7 \text{ тыс.руб};$$

Результаты сравнения для остальных подстанций площадки сведены в таблицу 41.

Таблица 41 – Результаты расчетов для подстанций №38, №52 и производства №1

Тип трансформатора	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Цена одного трансформатора, руб.	Затраты на установку, $З_{кпп}$, тыс.руб.
ТМГ-СЭЩ 2500/6,3-12	2400	24000	1000000	6710,3
ТСЛ-СЭЩ 2500/6,3	3200	18927	1350000	6704,3
ТМГ-СЭЩ 1250/6,3-12	1350	13500	350000	3708,2
ТСЛ-СЭЩ 1250/6,3	1900	11447	800000	4398,8

Окончательно к установке на подстанции производства №3 принимаем три трансформатора типа ТМГ-СЭЩ 1600/6,3-12 с номинальной мощностью $S_n = 1600$ кВА каждый. На подстанции производства №1 два трансформатора типа ТСЛ-СЭЩ 2500/6,3 с номинальной мощностью $S_n = 2500$ кВА каждый. На подстанциях № 38 и №52 принимаем по два трансформатора типа ТМГ-СЭЩ 1250/6,3-12 с номинальной мощностью $S_n = 1250$ кВА каждый.

Остальное высоковольтное электрооборудование для нагрузки площадки сведено в таблицу 42.

Таблица 42 – Высоковольтное оборудование компании

Наименование	Расчетный ток I_p , А	Высоковольтный выключатель	Трансформатор тока	Силовой кабель
Т-1-38	160,4	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-200/5	ВББШнг 3×95

Продолжение таблицы 42

Т-2-38	160,4	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-200/5	ВБ6Шнг 3×95
Т-1-52	160,4	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-200/5	ВБ6Шнг 3×95
Т-2-52	160,4	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-200/5	ВБ6Шнг 3×95
Т-1 п/ст производства №1	320,8	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-400/5	ВБ6Шнг 3×150
Т-2 п/ст производства №1	320,8	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-400/5	ВБ6Шнг 3×150
Т-1 п/ст производства №3	205,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБ6Шнг 3×95
Т-2 п/ст производства №3	205,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБ6Шнг 3×95
Т-3 п/ст производства №3	205,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБ6Шнг 3×95
Линия №1	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБ6Шнг 3×70
Линия №2	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБ6Шнг 3×70

3.7 Компания по производству автокомпонентов

Расчет для данной площадки сводится к выбору типа трансформатора для подстанций площадки, мощность одного трансформатора для подстанции основного производства $S_n = 2500$ кВА. Для подстанции склада готовой продукции необходимо будет сделать выбор по числу трансформаторов на подстанции: принимаем мощность одного трансформатора равной $S_n = 1000$ кВА при установке двухтрансформаторной подстанции и $S_n = 1600$ кВА при установке однострансформаторной подстанции.

Таблица 43 – Сравнение типов трансформаторов для склада готовой продукции

Номер варианта	Тип трансформатора	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Цена трансформатора, руб.
1	ТМГ-СЭЩ 1000/6,3-12	1100	10500	400000
2	ТСЛ-СЭЩ 1000/6,3	1550	9775	705000
3	ТСЛ-СЭЩ 1600/6,3	2300	13628	900000
4	ТМГ-СЭЩ 1600/6,3-12	1750	15000	610000

Затраты на установку трансформаторной подстанции

$$Z_{КТП} = E \cdot K_{ТП} + C \cdot \Delta P_T, \quad (4)$$

где $E = 0,223$ – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в КТП;

$K_{ТП}$ – стоимость одного трансформатора;

$$C \cdot \Delta P_m = C_o \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_z^2 \cdot \Delta P_{кз}, \quad (5)$$

где C – удельная стоимость максимальных активных нагрузочных потерь

C_o – удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора

$$C_o = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (6)$$

$$C = \left(\frac{a}{T_m} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau,$$

где $a = 386,3$ руб/кВт – основная ставка двухставочного тарифа;
 $\beta = 0,2$ руб/кВт час – дополнительная плата за один кВт час
 потребленной электроэнергии;
 $T_p = 8760$ ч – время работы трансформатора в году;
 $T_m = 4500$ ч – время использования максимальной нагрузки
 предприятием в год;
 τ = время максимальных потерь

$$\tau = (0,124 + \frac{T_m}{10000})^2 \cdot T_p = (0,124 + \frac{4500}{10000})^2 \cdot 8760 = 2,9 \cdot 10^3 \text{ ч}; \quad (7)$$

$$C_o = (\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2}) \cdot 8760 = 769,52 \text{ руб / кВт} \cdot \text{год};$$

$$C = (\frac{386,3}{4500} + 0,2 \cdot 10^{-2}) \cdot 2,9 \cdot 10^3 = 254,75 \text{ руб / кВт} \cdot \text{год};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_1 = 769,52 \cdot 1,1 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 10,5 = 2779,1 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_2 = 769,52 \cdot 1,55 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 9,775 = 2992 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_3 = 769,52 \cdot 2,3 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 13,628 = 4278,2 \text{ тыс.руб};$$

$$(C \cdot \Delta P_m)_4 = 769,52 \cdot 1,75 + 254,75 \cdot 0,85^2 \cdot 15 = 4107,6 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{КТП1} = 0,223 \cdot 400 \cdot 2 + 2779,1 = 2957,5 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{КТП2} = 0,223 \cdot 705 \cdot 2 + 2992 = 3306,4 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{КТП3} = 0,223 \cdot 900 \cdot 1 + 4278,2 = 4478,9 \text{ тыс.руб};$$

$$З_{КТП4} = 0,223 \cdot 610 \cdot 1 + 4107,6 = 4243,6 \text{ тыс.руб}.$$

Таблица 44 – Сравнение типов трансформаторов для подстанции основного производства

Тип трансформатора	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Цена трансформатора, руб.	Затраты на установку, З _{кп} , тыс.руб.
ТМГ-СЭЩ 2500/6,3-12	2400	24000	1000000	6710,3
ТСЛ-СЭЩ 2500/6,3	3200	18927	1350000	6704,3

Окончательно к установке принимаем: на подстанции склада готовой продукции два трансформатора типа ТМГ-СЭЩ 1000/6,3-12 с номинальной мощностью $S_n = 1000$ кВА каждый; на подстанции основного производства два трансформатора типа ТСЛ-СЭЩ 2500/6,3 с номинальной мощностью $S_n = 2500$ кВА каждый.

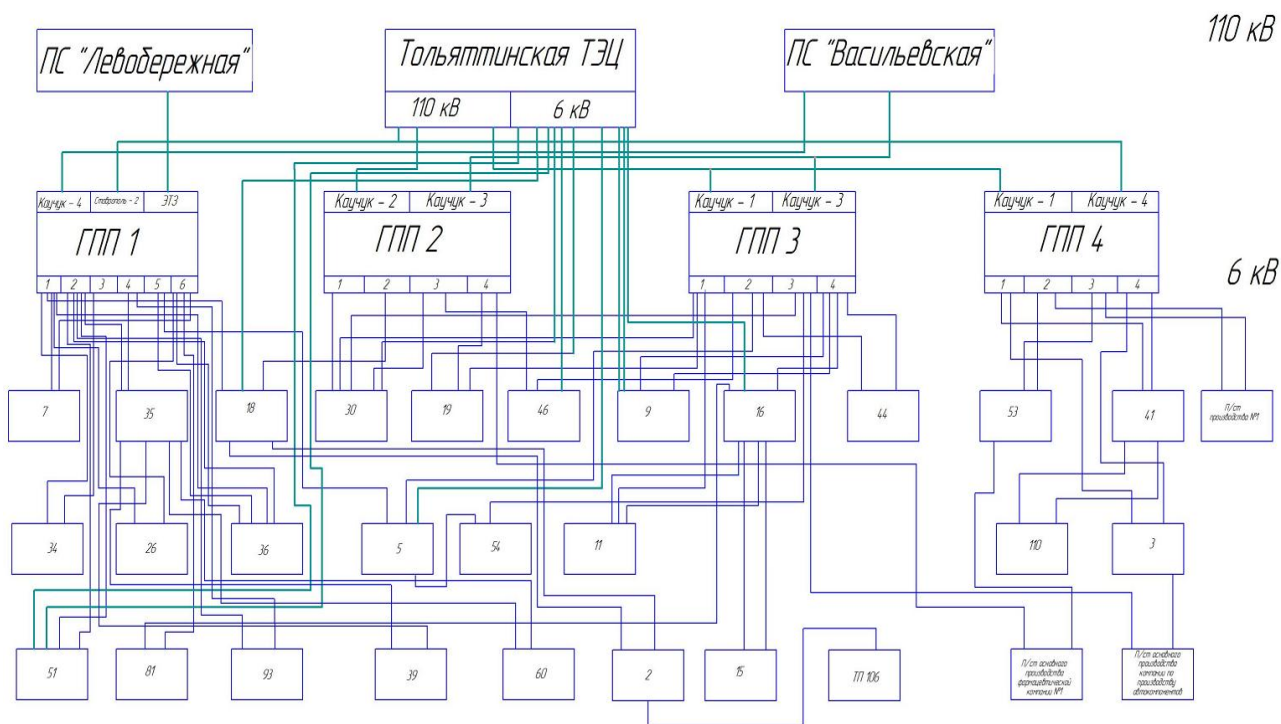
Остальное высоковольтное электрооборудование для нагрузки площадки сведено в таблицу 45.

Таблица 45 – Высоковольтное оборудование компании

Наименование	Расчетный ток I_p , А	Высоковольтный выключатель	Трансформатор тока	Силовой кабель
Линия №1	256,6	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-300/5	ВБбШнг 3×120
Линия №2	320,8	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-400/5	ВБбШнг 3×150
Линия №3	320,8	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-400/5	ВБбШнг 3×150
Линия №4	320,8	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-400/5	ВБбШнг 3×150
Т-1 п/ст основного производства	320,8	ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630	ТОЛ-10-400/5	ВБбШнг 3×150

Т-2 п/ст основного производства	320,8	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-400/5	ВБбШнг 3×150
Т-1 п/ст склада	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70
Т-2 п/ст склада	128,3	ВВУ-СЭЩ-П5- 10-20/630	ТОЛ-10-150/5	ВБбШнг 3×70

По результатам расчетов для каждой из площадок индустриального парка были установлены либо реконструированы подстанции, приняты к установке трансформаторы, вакуумные выключатели, трансформаторы тока и силовые кабели. Окончательная схема подстанций индустриального парка «Тольяттисинтез» представлена на рисунке 11.



81

Заключение

В данной выпускной магистерской работе рассмотрены варианты схем электроснабжения резидентов индустриального парка «Тольяттисинтез», которые будут отвечать всем условиям технических процессов резидентов, требованиям надежности и безопасности эксплуатации.

Была рассмотрена действующая схема электроснабжения АО «Тольяттисинтез» на основе, которой и создается схема электроснабжения индустриального парка «Тольяттисинтез». Из анализа схемы электроснабжения были сделаны следующие выводы:

- Источники питания - четыре главных понизительных подстанций, которые в свою очередь питаются по воздушным линиям 110 кВ от Тольяттинской ТЭЦ, подстанций «Васильевская» и «Левобережная». На ГПП-1 установлены два трансформатора мощностью по 31,5 МВ×А каждый и один трансформатор мощностью 32 МВ×А. На ГПП-2 установлены один трансформатор мощностью 31,5 МВ×А и один трансформатор мощностью 32 МВ×А. На ГПП-3 установлены два трансформатора мощностью по 40 МВ×А. На ГПП-4 установлены два трансформатора мощностью по 40 МВ×А.

- Схема внутризаводского электроснабжения выполнена на напряжении 6 кВ кабельными линиями и представляет собой магистрально-радиальную схему: подстанции запитываются либо от ЗРУ-6 кВ ГПП, либо по магистральной схеме от другой подстанции. .

- Основные потребители электроэнергии - электрические двигатели.

- Мощность трансформаторов на цеховых трансформаторных подстанциях 250, 320, 400, 560, 630, 1000, 1600, 2500 кВ×А, основная марка - ТМЗ.

- Компенсация реактивной мощности осуществляется как на стороне 6 кВ, так и на напряжении 0,4 кВ с помощью батарей статических конденсаторов и генерирующей реактивной мощности переданной с Тольяттинской ТЭЦ.

- Ежесуточная нагрузка составляет в среднем 70 МВт.

Во второй главе были рассмотрены варианты электроснабжения площадок индустриального парка. Были заданы нагрузочные параметры каждой площадки, определены ближайшие источники питания, наличие свободных линий на ближайших подстанциях, произведен расчет необходимых параметров для выбора основного электрооборудования, а для высоковольтных кабелей была проведена проверка выбранных сечений кабелей по экономической плотности тока.

В третьей главе по результатам расчетов были выбраны вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-П5-10-20/630, трансформаторы тока ТОЛ – СЭЩ – 10, высоковольтные кабели типа ВБбШнг. Произведено сравнение вариантов трансформаторов устанавливаемых на подстанциях площадок индустриального парка.

В ходе решения поставленных задач в начале работы, таких как

- Анализ существующей схемы электроснабжения.
- Сравнительный анализ возможных вариантов электроснабжения потребителей индустриального парка.
- Выбор наиболее оптимального варианта схемы электроснабжения для каждой из производственных площадок индустриального парка

Смогли повысить надежность и безотказность работы потребителей индустриального парка.

Список используемых источников

1. Астреина, Л. А. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов [Текст] : учеб. пособие для втузов / Л. А. Астреина, В. В. Балдесов, В. К. Беклешов ; под ред. В. К. Беклешова. – М. : Высшая школа, 2011. 176 с. : ил. – 37000 экз. – ISBN 5-06-001862-8.
2. Баркан, Я. Д. Эксплуатация электрических систем [Текст] : учеб. пособие. – М. : Высшая школа, 2010. – 304 с. : ил. – 17000 экз. – ISBN 5-06-000448-1.
3. Барыбин, Ю. Г. Справочник по проектированию электроснабжения [Текст]. – М. : Энергоатомиздат, 2010. 576 с. – (Электроустановки промышленных предприятий). – 47000 экз. – ISBN 5-283-01032-5.
4. Барыбин, Ю. Г. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования [Текст]. – М. : Энергоатомиздат, 2011. – 464 с. : ил. – (Электроустановки промышленных предприятий). – 40000 экз. – ISBN 5-283-01118-6.
5. Белоруссов, Н. И. Электрические кабели, провода и шнуры [Текст] : справочник / Н. И. Белоруссов, А. Е. Саакян, А. И. Яковлева. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2008. – 536 с. : ил. – 10000 экз. – ISBN 5-283-00571-2.
6. Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ [Текст]. – М. : Эксмо, 2012. – 752 с. – (Российское законодательство. Техническая литература). – ISBN 978-5-699-47496-7.
7. Боровиков, В. А. Электрические сети энергетических систем [Текст] : учебник для техникумов. – Изд. 3-е, перераб. – Л. : Энергия, 2007. – 392 с. : ил. – 10000 экз.
8. Веников, В. А. Электрические системы. Электрические сети [Текст] : учеб. для электроэнерг. спец. вузов / В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2008. – 511 с. : ил. – 30000 экз. – ISBN 5-06-001031-7.

9. Воронин М.М. Электроснабжение индустриального парка «Тольяттисинтез» / М.М. Воронин, А.В. Егоркин, А.А. Кувшинов, С.В. Шаповалов // IV Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов (Тольятти, 12–14 апреля 2016 года) : сборник трудов. - Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. - 415 с.
10. Воронин М.М. Индустриальный парк «Тольяттисинтез»/ Воронин М.М., Кувшинов А.А.// электронный журнал «Теория и практика современной науки» №6(12) 2016
11. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии [Текст] / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. 715 с. – (Высшее образование). – 5000 экз. – ISBN 978-5-222-13221-0.
12. Герасимов, В. Г. Электротехнический справочник. Общие вопросы. Электротехнические материалы [Текст] / В. Г. Герасимов, Л. А. Жуков. – Изд. 6-е, испр. и доп. М. : Энергия, 2010. 520 с. : ил. – 80000 экз.
13. Герасимов, В. Г. Электротехнический справочник. Производство, передача и распределение электрической энергии [Текст]. – Изд. 9-е, стер. – М. : Издательство МЭИ, 2004. – 964 с. – 1000 экз. – ISBN 5-7046-0987-2.
14. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст]. – Введ. 01.07.2014 г. – М. : Стандартиформ, 2014. – 20 с.
15. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание [Текст]. – Введ. 1.07.2004 г. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 166 с.
16. Грейсух, М. В. Расчеты по электроснабжению промышленных предприятий [Текст] / М. В. Грейсух, С. С. Лазарев. – М. : Энергия, 2007. – 312 с. : ил.
17. Гук, Ю. Б. Проектирование электрической части станции и подстанции [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. Б. Гук, В. В. Кантан, С. С. Петрова. – Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 2015. – 312 с. : ил. – 23000 экз.

18. Егоркин А.В. Электроснабжение тольяттинской производственной площадки ООО «СИБУР»/ Егоркин А.В., Воронин М.М., Кувшинов А.А., Шаповалов С.В.// электронный журнал «Теория и практика современной науки» №6(12) 2016
19. Егоркин А.В. Вакуумный силовой выключатель VM1 - Т/ Егоркин А.В., Воронин М.М., Кувшинов А.А., Шаповалов С.В.// электронный журнал «Теория и практика современной науки» №6(12) 2016
20. Ермилов, А. А. Как выполняются заводские подстанции [Текст]. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2012. – 136 с. : ил. – (Библиотека электромонтера). – 38000 экз.
21. Ермилов, А. А. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] / А. А. Ермилов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. :Энергия, 2007. – 128 с. : ил. – (Библиотека электромонтера). – 40000 экз.
22. Ермилов, А. А. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] / А. А. Ермилов, Б. А. Соколов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2006. -144 с. : ил. – (Библиотека электромонтера). – 50000 экз.
23. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети [Текст] : учебник для вузов. – М. : Энергоатомиздат, 2009. – 592 с. : ил. – 30000 экз. – ISBN 5-283-01012-0.
24. Карапетян, И. Г. Справочник по проектированию электрических сетей [Текст] / И. Г. Карапетян, Д. Л. Файбисович. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2009. -392 с. : ил. – 3000 экз. – ISBN 978-5-93196-923-7.
25. Киреева, Э. А. Рациональное использование электроэнергии в системах промышленного электроснабжения [Текст]. – М. : НТФ Энергопрогресс, 2010. – 76 с. : ил. – (Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»). – 920 экз. – ISSN 0013-7278.
26. Киреева, Э. А. Современные комплектные трансформаторные подстанции и распределительные устройства напряжением 6(10)-35/0,4 кВ [Текст] : справочные материалы. – М. : НТФ «Энергопрогресс», 2007. – 56 с. : ил. –

- (Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»). – 1000 экз. – ISSN 0013-7278.
27. Киреева, Э. А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий) [Текст]. – М. : НТФ «Энергопрогресс», 2004. – 128 с. : ил. – (Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»). – 1000 экз. – ISSN 0013-7278.
28. Киреева, Э. А. Электроснабжение цехов промышленных предприятий [Текст] / Э. А. Киреева, В. В. Орлов, Л. Е. Старкова. – М. : НТФ Энергопрогресс, 2003. – 120 с. : ил. – (Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»). – 1200 экз. ISSN 0013-7278.
29. Коновалова, Л. Л. Электроснабжение промышленных предприятий и установок [Текст] : учеб. пособие для техникумов / Л. Л. Коновалова, Л. Д. Рожкова. – М. : Энергоатомиздат, 2009. – 528 с. : ил. – 55000 экз. – ISBN 5-283-01083-X.
30. Крупович, В. И. Справочник по проектированию электроснабжения [Текст] / В. И. Крупович, Ю. Г. Барыбин, М. Л. Самовер. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Энергия, 2010. – 456 с. : ил. – (Электроустановки промышленных предприятий). – 40000 экз.
31. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений. Изд. 2-е. – М. : Интернет Инжиниринг, 2006. – 672 с. : ил. – ISBN 5-89594-128-1.
32. Липкин, Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок [Текст]. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2011. – 376 с. : ил. – 110000 экз.
33. Лыкин, А. В. Электрические системы и сети [Текст] : учеб. пособие. – М. : Университетская книга; Логос, 2008. – 254 с. – 5000 экз. – ISBN 978-5-98704-055-8.

34. Макаров, Е. Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ т. 2 [Текст] / Е. Ф. Макаров, И. Т. Горюнова, А. А. Любимов. – М. : Папирус Про, 2003. – 640 с. : ил. – 10000 экз. – ISBN 5-901054-18-0.
35. Макаров, Е. Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ т. 3 [Текст] / Е. Ф. Макаров, И. Т. Горюнов, А. А. Любимов. – М. : Папирус Про, 2004. – 688 с. – 10000 экз. – ISBN 5-901054-25-3.
36. Макаров, Е. Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ т.1 [Текст] / Е. Ф. Макаров, И. Т. Горюнов. – М. : Папирус Про, 2009. – 608 с. : ил. – 30000 экз. – ISBN 5-901054-01-6.
37. Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования [Текст] : учеб. пособие для вузов / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2009. – 608 с. : ил. – 64000 экз. – ISBN 5-283-01086-4.
38. Овчаренко, А. С. Справочник по электроснабжению. Промышленного предприятий: проектирование и расчет [Текст] / А. С. Овчаренко, М. Л. Рабинович, В. И. Мозырский, Д. И. Розинский. – К. : Техника, 2005. – 279 с. : ил. – 22000 экз.
39. Околович, М. Н. Проектирование электрических станций [Текст] : учебник для вузов. – М. : Энергоиздат, 2012. – 400 с. : ил. – 18000 экз.
40. Ополева, Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения [Текст] : учебное пособие. – М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 480 с. – (Высшее образование). – 5000 экз. – ISBN 5-8199-0254-8 (ФОРУМ), ISBN 5-16-002581-2 (ИНФРА-М).
41. Рей, Д. Экономия энергии в промышленности [Текст] : справочное пособие для инженерно-технических работников : [пер. с англ.]. – М. : Энергоатомиздат, 2013. – 208 с. : ил. – (Экономия топлива и электроэнергии). – 12000 экз.
42. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций [Текст] : учебник для сред. проф. образования / Л. Д. Рожкова, Л. К.

- Карнеева, Т. В. Чиркова. – М. 6 Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с. – 5100 экз. – ISBN 5-7695-1329-2.
- Т. 1 : Электроснабжение. – 2006. – 568 с. : ил. – 50000 экз.
- Т. 2 : Электрооборудование. – 2007. – 592 с. : ил. – 50000 экз.
43. Трунковский, Л. Е. Электрические сети промышленных предприятий [Текст] / Л. Е. Трунковский. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2011. – 128 с. : ил. – (Библиотека электромонтера). – 32000 экз. – ISBN 5-283-01157-7.
44. Федоров, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий [Текст] : учебник для вузов / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2004. – 472 с. : ил. – 48000 экз.
45. Федоров, А. А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию [Текст] : в 2 т. / А. А. Федоров. – М. : Энергоатомиздат, 2006. – 568 с. : ил. – 50000 экз.
46. Федоров, А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 368 с. : ил. – 50000 экз.
47. Главные схемы электрических соединений подстанций [Электронный ресурс] // <http://forca.ru/> : энергетика: оборудование, документация. URL: <http://forca.com.ua/info/spravka/glavnye-shemy-elektricheskikh-soedinenii-podstancii.html>.
48. Графики электрических нагрузок [Электронный ресурс] // <http://kursach37.com/index.html>. URL: http://kursach37.com/uch_ekonomika_predpr_3.1.html (дата обращения).
49. Кабель ВБбШнг силовой бронированный медный негорючий [Электронный ресурс] // <http://elektrokable.ru/> : Elektrocabel URL: <http://elektrokable.ru/products/84/>.
50. Принципы построения электрических сетей напряжением 6—10 кВ [Электронный ресурс] // <http://forca.ru/>: энергетика: оборудование,

документация. URL: <http://forca.ru/knigi/arhivy/ekspluatatsiya-elektrostanovok-v-selskom-hozyaystve-7.html>.

51. Характерные схемы электроснабжения потребителей электроэнергии [Электронный ресурс] // electricalschool.info/ : школа для электриков. URL: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/947-kharakternye-skhemyyejelektrosnabzhenija.html>.
52. Силовые трансформаторы ТМГ – СЭЩ – 10 кВ [Электронный ресурс] // <http://electroshield.ru/>: URL: http://www.electroshield.ru/silovye_transformatory_maslyanye_tm_tmg
53. Силовые трансформаторы ТНГ – СЭЩ – 10 кВ [Электронный ресурс] // <http://electroshield.ru/>: URL: http://www.electroshield.ru/silovoy_transformator_tng-seshch-_tngf-seshch_moshchnostyu_ot_25_do_2500_kva
54. Силовые трансформаторы ТМГ – СЭЩ – 10 кВ [Электронный ресурс] // <http://electroshield.ru/>: URL: http://www.electroshield.ru/transformatory_raspredelitelnye_sukhie_tsl-seshch-_tslz-seshch_ispolneniya_-02-_moshchnostyu_250_-_2
55. Вакуумный выключатель ВВУ-СЭЩ-П7 10 кВ [Электронный ресурс] // <http://electroshield.ru/>: URL: <http://www.electroshield.ru/vvu-seshch-p7-10>
56. Трансформатор тока ТОЛ-СЭЩ 10 [Электронный ресурс] // <http://electroshield.ru/>: URL: http://www.electroshield.ru/transformator_toka_tol-seshch_10_20_35