

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Чайковский филиал
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

Кафедра автоматизации, информационных и инженерных технологий
Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность Электроснабжение

МП 12.8-2022

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРЕДПИСАНИЯ

по выполнению выпускных квалификационных работ
по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
профиль «Электроснабжение»
для студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения.

Программа академического бакалавриата

Чайковский, 2022

Методические предписания к выполнению выпускных квалификационных работ для бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение»/сост. В.А. Ковязин, И.В. Ковязина; Чайковский филиал ПНИПУ, 2022.– 53 с.

Методические предписания по выполнению ВКР предназначены для студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения, обучающихся по направлениям подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». В методических предписаниях приведены основные задачи выпускной квалификационной работы, представлена их тематика в соответствии с изучаемыми профессиональными дисциплинами, рассмотрены требования к содержанию расчетно-пояснительной записки и графической части выпускной квалификационной работы бакалавров направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение»

Рецензент: к.т.н., доц. кафедры АИИТ Красильников С.Н.

Методические предписания для студентов по оформлению ВКР рассмотрены и одобрены на заседании кафедры автоматизации, информационных и инженерных технологий ЧФ ПНИПУ «11» апреля » 2022 года, протокол №30

Методические предписания для студентов по оформлению ВКР рекомендованы методической комиссией ЧФ ПНИПУ для использования в учебном процессе (протокол № 8 от 28.04.2022 г.)

©Пермский национальный исследовательский
политехнический университет
Чайковский филиал, 2022
©Ковязин В.А., 2022
©Ковязина И.В., 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1	Основные положения о выпускной работе бакалавра	4
2	Обозначения и сокращения.....	5
3	Требования к выпускной квалификационной работе.....	5
3.1	Общие требования.....	5
3.2	Требования к выпускной квалификационной работе бакалавра.....	5
4	Структура выпускной квалификационной работы и требования к содержанию структурных элементов.....	6
4.1	Титульный лист.....	7
4.2	Задание на выпускную квалификационную работу.....	7
4.3	Аннотация.....	7
4.4	Содержание.....	8
4.5	Определения, обозначения и сокращения.....	9
4.6	Введение.....	9
4.7	Примерная тематика и структура ВКР	10
4.8	Заключение.....	23
4.9	Список использованных источников.....	23
4.10	Приложения.....	24
5	Методические указания по проектированию районной электрической сети ..	25
	Титульный лист.....	54
	Бланк задания.....	55
	Образец приложения А.....	56
	Образец заявления.....	58
	Образец страницы «Аннотация».....	59
	Образец страницы «Содержание».....	60

1. Основные положения о выпускной работе бакалавра

Настоящие методические указания устанавливают общие требования к структуре, содержанию и правилам оформления выпускной квалификационной работы (далее – ВКР) бакалавра.

ВКР бакалавра (бакалаврская работа): проектно-аналитическая работа на заданную тему, написанная лично выпускником под руководством руководителя ВКР, содержащая элементы исследования, свидетельствующая об умении выпускника работать с литературой, обобщать и анализировать фактический материал, демонстрирующая владение компетенциями, приобретенными при освоении ОПОП ВО.

Выпускная квалификационная работа (ВКР) бакалавра – комплексное решение научно-технической задачи, использующее навыки, полученные при выполнении курсовых проектов и работ, выполняемых в период обучения по дисциплинам:

- электроэнергетические системы и сети ;
- электроснабжение;
- релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем;
- электроэнергетическое оборудование;

Эта работа является частью учебного процесса и завершающим этапом обучения при подготовке бакалавра в вузе.

Цель работы – систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по направлению подготовки и применение этих знаний при решении конкретных научных, технических, экономических и производственных задач. Обучающийся выполняет выпускную квалификационную работу самостоятельно и несет ответственность, как за качество, так и за сроки её вы-

полнения. Для оказания организационно-методической помощи и консультаций по содержанию работы выпускающая кафедра назначает каждому обучающемуся руководителя проектирования из преподавателей или специалистов производства.

ВКР бакалавра подтверждает подготовленность выпускника к самостоятельной практической работе в соответствии с полученной квалификацией.

2.Обозначения и сокращения

БР – бакалаврская работа

ВКР – выпускная квалификационная работа

ВО – высшее образование

ИЭК – итоговая экзаменационная комиссия

ОПОП – основная профессиональная образовательная программа

ПЗ – пояснительная записка

3.Требования к выпускной квалификационной работе

3.1 Общие требования

К ВКР предъявляют следующие требования:

а) соответствие названия работы ее содержанию, четкая целевая направленность, актуальность;

б) логическая последовательность изложения материала, базирующаяся на прочных теоретических знаниях по избранной теме и убедительных аргументах;

в) корректное изложение материала с учетом принятой научной терминологии;

г) достоверность полученных результатов и обоснованность выводов;

д) научно-технический стиль изложения;

е) оформление работы в соответствии с требованиями раздела 7 настоящих методических предписаний.

Объем ВКР должен быть достаточным для изложения путей реализации поставленных задач и достижения поставленной цели (**60.. 80** листов), не перегружен малозначащими деталями и не может влиять на оценку при защите.

3.2 Требования к выпускной квалификационной работе бакалавра

ВКР бакалавра (бакалаврская работа) выполняется на базе теоретических знаний и практических навыков, полученных выпускником в период обучения. При этом она должна быть преимущественно ориентирована на знания, полученные в процессе освоения дисциплин ОПОП ВО, подводить итог теоретического и практико-ориентированного обучения выпускника и подтверждать его профессиональные компетенции.

В зависимости от научных интересов выпускника, возможны следующие типы ВКР:

а) *научно-исследовательская ВКР* предполагает описание или обозначение актуальной научной проблематики (в теоретической части работы или во введении) и изучение конкретного предметного материала в соответствии с заявленным направлением исследований. Данный вид ВКР бакалавра отражает знание выпускником основных методов исследования, умение их применять, владение научно-техническим стилем речи;

б) *прикладная ВКР* представляет собой применение конкретной методики анализа или описания к ранее не исследованному материалу;

в) *комплексная ВКР* как правило, предполагает коллективную разработку специальной комплексной темы, направленной на решение взаимосвязанных проблем в рамках одного объекта исследования.

4. Структура выпускной квалификационной работы и требования к содержанию структурных элементов

ВКР в общем случае должна содержать:

- а) текстовый документ – пояснительную записку (далее – ПЗ);
- б) иллюстративный материал – демонстрационные плакаты, презентации, чертежи, схемы, графический материал и пр.

ПЗ ВКР должна содержать следующие структурные элементы:

- а) *титульный лист*;
- б) *задание на ВКР*;

- в) аннотацию;*
- г) содержание;*
- д) список основных сокращений;*
- е) введение;*
- ж) основная часть;*
- з) заключение (выводы, рекомендации);*
- и) список использованных источников;*
- к) приложения.

Обязательные структурные элементы выделены курсивом.

4.1 Титульный лист

Титульный лист служит источником информации, необходимой для определения принадлежности и поиска документа.

На титульном листе приводят следующие сведения:

- а) наименование и подчиненность образовательной организации, в которой выполнена работа;
- б) грифы согласования;
- в) наименование темы ВКР;
- г) шифр ВКР;
- д) должности, ученые степени, фамилии и инициалы руководителя, разработчика, консультантов (при наличии), ответственного за нормоконтроль и заведующего выпускающей кафедрой;
- е) место и дата выполнения ВКР (город, год).

4.2 Задание на выпускную квалификационную работу

Бланк задания заполняется рукописным или печатным способом. Задание размещается после титульного листа и переплетается вместе с текстом ПЗ ВКР.

4.3 Аннотация

Аннотация – краткое точное изложение содержания ВКР, включающее основные фактические сведения и выводы, без дополнительной интерпретации

или критических замечаний автора реферата. Аннотация оформляется в соответствии с ГОСТ 7.9-95 (ИСО 214-76).

Аннотация должна содержать:

а) сведения об объеме ПЗ ВКР, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, использованных источников, листов иллюстративного материала;

б) перечень ключевых слов, включающий от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста ПЗ ВКР, которые в наибольшей мере характеризуют ее содержание и раскрывают сущность работы. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и записываются строчными буквами через запятые;

в) текст аннотации должен отражать:

1) предмет, тему, цель и задачи работы;

2) методики или методологию проведения работы;

3) полученные результаты;

4) область применения результатов;

5) выводы;

6) дополнительную информацию.

Объем аннотации не должен превышать одной страницы.

Текст аннотации должен отличаться лаконичностью, четкостью, убедительностью формулировок, отсутствием второстепенной информации.

Таблицы, формулы, чертежи, рисунки, схемы, диаграммы включаются только в случае необходимости, если они раскрывают основное содержание документа и позволяют сократить объем реферата.

Текст реферата выполняется на **русском и иностранном языках** на отдельных страницах, помещается перед структурным элементом ПЗ «СОДЕРЖАНИЕ» и переплетается вместе с текстом ПЗ ВКР.

4.4 Содержание

Структурный элемент ПЗ ВКР «СОДЕРЖАНИЕ» размещается после титульного листа и задания на ВКР, начиная со следующей страницы.

Требования к оформлению содержания представлены в разделе 7.16 настоящего методического руководства.

«СОДЕРЖАНИЕ» включает: введение, наименование разделов (глав), подразделов (параграфов), пунктов (если они имеют наименование) основной части, заключение, список использованных источников, наименование приложений с указанием номеров страниц.

4.5 Определения, обозначения и сокращения

Структурный элемент ПЗ ВКР «ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ» содержит определения, необходимые для уточнения или установления терминов, и перечень обозначений и сокращений, используемых в тексте ПЗ ВКР.

Перечень определений, как правило, начинают со слов: «В настоящей выпускной квалификационной работе применяют следующие термины с соответствующими определениями...».

Малораспространенные сокращения, условные обозначения, символы, единицы и специфические термины должны быть представлены в виде отдельного списка.

Если сокращения, условные обозначения, символы, единицы и термины повторяются в тексте менее трех раз, то их расшифровку, как правило, приводят непосредственно в тексте ПЗ ВКР при первом упоминании.

4.6 Введение

Структурный элемент ПЗ ВКР «ВВЕДЕНИЕ» отражает актуальность темы, объект и предмет исследования, цель и задачи исследования, методы исследования, методологические основы исследования.

«ВВЕДЕНИЕ» в ПЗ ВКР бакалавра должно содержать оценку современного состояния обозначенной проблемы, обоснование и формулировку практической значимости исследования для профессиональной сферы деятельности.

Актуальность исследования определяется его теоретической (практической) значимостью и недостаточной проработкой проблемы, рассматриваемой в рамках ВКР.

На основе анализа технической производится постановка задачи, решаемой в процессе выполнения квалификационной работы.

«ВВЕДЕНИЕ» не должно содержать рисунков, формул и таблиц.

4.7 Примерная тематика и структура ВКР

Темы выпускной квалификационной работы бакалавра должны отражать современные тенденции развития отечественной электроэнергетики.

Задание на выпускную квалификационную работу выдается обучающемуся руководителем в начале подготовки ВКР. Задание утверждается заведующим кафедрой.

Рекомендуемые темы и структура ВКР по направлениям :

-Проектирование электроснабжения

1. Проектирование подстанции глубокого ввода (ПГВ) для электроснабжения крупного узла нагрузки.

2. Модернизация подстанций (ГПП, РП, ПГВ) и/или отдельных частей системы электроснабжения промышленного предприятия.

3. Проектирование или реконструкция подстанции 220–110/35–6 кВ.

4. Проектирование электроснабжения узлов нагрузки промышленных предприятий.

5. Проект электроснабжения района жилой застройки города.

6. Проект электроснабжения сельскохозяйственного района.

7. Определение потерь электроэнергии в сетях промышленных предприятий 6–110 кВ и пути их снижения.

Исходные данные для ВКР. Объем и содержание исходных данных зависят от темы. Если рассматривается электроснабжение промышленных предприятий, то в исходных данных приводятся:

- общий схематический план промышленного предприятия с указанием источников питания и существующих электросетей;

- мощность источников питания, расчётные нагрузки существующих электросетей, установленные мощности отдельных энергоустановок и предприятия в целом;

- данные по токам короткого замыкания на шинах источников: действующее значение периодической составляющей трёхфазного тока короткого замыкания;

- указания энергосистемы по компенсации реактивных нагрузок и режимам напряжения в сети;

- специальные условия электроснабжения и задание на разработку какой-либо специфической части проекта (установка преобразователей тока, частоты или числа фаз; автоматизация компенсации реактивных мощностей; расчёты по регулированию напряжения и его автоматизации; оценка надёжности электроснабжения, в том числе ожидаемого ущерба от перерывов в питании; разработка и расчёт новых схем релейной защиты и автоматики и т.д.);

- организация управления энергохозяйством и режимами электропотребления;

- указания по разработке технико-экономических и экологических вопросов.

ВКР снабжению данного предприятия (надёжность электроснабжения, компенсация реактивных нагрузок, регулирование напряжения и т.д.).

Примерное содержание глав технической части пояснительной записки:

Введение. Во введении раскрывается **актуальность** дипломного проекта, направленного на решение задачи повышения надёжности и обеспечения регламентируемым ГОСТ 13109-97 качеством электрической энергии потребителей конкретного объекта.

Раздел 1. Описание объекта и постановка задачи проектирования

1.1 Общая характеристика объекта (предприятия, городского или сельскохозяйственного района)

1.2 Анализ существующей системы электроснабжения

1.3 Анализ существующих режимов электропотребления

1.4 Анализ вариантов модернизации или реконструкции

1.5 Разработка технического задания (определение состава и этапов проекта)

Раздел 2. Расчёт и анализ режимов электропотребления

2.1 Выбор и обоснование метода расчёта электрических нагрузок

2.2 Определение расчётных нагрузок отдельных потребителей (групп, узлов)

2.3 Выбор местоположения питающих и/или распределительных подстанций

Раздел 3. Выбор схемы и элементов системы электроснабжения

3.1 Анализ схемотехнических решений проектирования (модернизации или реконструкции)

3.2 Выбор вариантов схемы питания потребителей

3.3 Выбор электрооборудования (по условию длительного режима электропотребления)

3.4 Проверка электрооборудования по условиям термической и электродинамической устойчивости

Раздел 4. Компенсация реактивной мощности

4.1 Обоснование необходимости компенсации реактивной мощности для проектируемой (модернизируемой) системы электроснабжения

4.2 Разработка регламента работы устройств компенсации, с учётом режимов электропотребления

4.3 Выбор местоположения и мощности компенсирующих устройств

Раздел 5. Расчёт и анализ аварийных режимов электропотребления

5.1 Выбор и обоснование контрольных точек расчёта и вида тока короткого замыкания

5.2 Расчёт токов короткого замыкания в рассматриваемых точках системы электроснабжения

Раздел 6. Выбор средств противоаварийной защиты и автоматики

6.1 Анализ и выбор современных программно-аппаратных средств защиты систем электроснабжения (для сетей 0,22-0,38 кВ автоматических выключателей и/или предохранителей)

6.2 Расчёт уставок РЗА

6.3 Составление карты селективного действия РЗА

Раздел 7. Надёжность проектируемой системы электроснабжения

7.1 Выбор и обоснование методики расчёта надёжности электроснабжения

7.2 Расчёт вариантов схемотехнических решений проектируемой системы электроснабжения

Раздел 8. Молниезащита и заземление объектов проектируемой системы электроснабжения

8.1 Обзор и анализ современных средств молниезащиты

8.2 Выбор и обоснование устройств молниезащиты и их месторасположения

8.3 Расчёт параметров и выбор аппаратных средств молниезащиты

8.4 Обзор и анализ современных устройств заземления

8.5 Выбор и обоснование месторасположения устройств заземления

8.6 Расчёт параметров и выбор технических средств заземления

Раздел 9 Экологические аспекты работы проектируемой системы электроснабжения

Заключение.

В заключении приводятся основные результаты этапов проектирования, а так же описываются проблемы и перспективы развития рассматриваемой системы электроснабжения.

Перечень освещаемых вопросов (разделов) ВКР определяется руководителем дипломного проекта; вопросы, рассматриваемые в разделах, определяются консультантами по соответствующим разделам.

С целью сокращения количества разделов пояснительной записки дипломного проекта некоторые разделы, подразделы могут быть объединены.

В графической части дипломного проекта требуется изобразить:

- генплан с картограммой нагрузок и сетью (6–110 кВ);
- принципиальную схему первичных соединений для электроснабжения предприятия;
- методики и результаты расчётов;
- конструктивную схему главной понизительной и/или распределительной подстанции (ГПП, РП), план и разрез распределительных устройств (РУ);
- алгоритмы управления электропотреблением.

-Проектирование электрических систем и сетей

Проектируемая электрическая сеть должна удовлетворять условиям надёжности и экономичности, обеспечивать качество энергии у потребителя, безопасность, удобство эксплуатации и возможность развития. Этим условиям отвечают требования, предъявляемые к схемам, конфигурациям, основным параметрам, оборудованию, системной автоматике и режимам работы.

Проектирование должно проводиться с учётом динамики развития нагрузок и сетей. Можно предположить (если нет специальных заданий), что расчётные нагрузки будут достигнуты в течение 5–7 лет. В схемах сетей должно быть предусмотрено дальнейшее развитие и возможность объединения на параллельную работу с основными сетями смежных районов, т. е. схемы должны обладать эксплуатационно-структурной гибкостью.

Ниже приведен перечень наиболее распространенных тем данного направления:

1. Проектирование линии электропередачи среднего или высокого напряжения.
2. Расчёты режимов параллельной работы сетей.
3. Развитие электрических сетей промышленных предприятий, энергосистемы или района.
4. Мероприятия по увеличению пропускной способности линии электропередачи 6–110 кВ.

5. Принцип оптимального распределения реактивной мощности в системе электроснабжения.

6. Перспективная схема электроснабжения города, района.

7. Схема внешнего электроснабжения крупного промышленного объекта.

8. Выбор параметров распределительных электрических сетей 6–35 кВ.

9. Исследование надёжности электроснабжения потребителей в сетях 6–35 кВ.

10. Проектирование электрических сетей 6–35 кВ промышленного объекта.

11. Реконструкция сетей 6–35 кВ промышленного объекта.

12. Перевод электрических сетей электроснабжения завода с 6 на 10 кВ.

13. Выбор оптимальных конфигураций и параметров распределительных электрических сетей.

14. Разработка схемы электроснабжения крупного энергорайона.

Исходные данные для ВКР и содержание пояснительной записки аналогично рассмотренному перечню понаправлению «Проектирование электроснабжения», но с тем отличием, что в данной ВКР рассматривается не системы электроснабжения в целом, а только электрические системы и сети.

В дипломный проект могут входить следующие вопросы:

- определение электрических нагрузок;
- выбор конфигураций и схем сетей;
- выбор оптимальных напряжений;
- определение сопротивлений и проводимостей линий и трансформаторов;
- выбор сечений проводов и кабелей;
- выбор мощности и числа трансформаторов на подстанциях;
- расчёты и анализ режимов работы замкнутых и разомкнутых сетей;
- расчёт баланса активных и реактивных мощностей;
- выбор и размещение источников реактивной мощности;
- определение условий обеспечения качества электрической энергии и ре-

гулирования напряжения;

- рассмотрение вопросов передачи энергии по длинным линиям;
- расчёт токов коротких замыканий;
- выбор аппаратуры;
- расчёт статической и динамической устойчивости;
- рассмотрение и расчёт надёжности электроснабжения;
- технико-экономические расчеты;
- механический расчёт проводов и тросов – выбор опор, пролётов и др.;
- проектирование электрической части электростанций и подстанций;
- выбор защиты от перенапряжений линий и подстанций;
- расчёт заземлений;
- расчёт надёжности;
- рассмотрение вопросов технико-экономического обоснования, экологии

и др.

Расчёты могут проводиться с помощью программного комплекса и др.

В графической части дипломного проекта требуется изобразить:

- топографическую схему сети (6–110 кВ);
- принципиальную электрическую схему системы (сети);
- методики и результаты расчётов;
- план и конструктивную схему питающей и/или распределительной сети.

-Проектирование релейной защиты и автоматики систем

электроснабжения

В дипломном проектировании кроме выбора видов релейной защиты и автоматики решаются вопросы, связанные с выбором схемы соединений защищаемого объекта, входящего в проектируемую сеть, а также элементов, входящих в его состав. Рекомендуется в качестве такого объекта принимать подстанцию.

Примерный перечень тем ВКР по данному направлению:

1. Разработка релейной защиты и автоматики сети 110/35–6 кВ и входящей в неё подстанции.

2. Проектирование защиты автономной электростанции на базе газопоршневой или газотурбинной энергетической установки.
3. Проектирование релейной защиты и противоаварийной автоматики участка электроснабжения промышленного объекта.
4. Проектирование релейной защиты и автоматики электростанции (ТЭЦ, ГЭС).
5. Выбор релейной защиты и автоматики (регуляторов напряжения и частотной разгрузки, противоаварийной автоматики, синхронизации, АПВ, АВР и др.);
5. Разработка релейной защиты и автоматики высоковольтной двигательной нагрузки промышленного предприятия.
6. Диспетчерское управление режимами работы сетей промышленных предприятий.
7. Диспетчерское управление сетевыми районами.

Перечень исходных данных:

- сведения об электрических нагрузках и режимных ограничениях в электропотреблении объекта;
- принципиальная схема электроснабжения рассматриваемого объекта;
- паспортные данные элементов электрической сети и/или системы электроснабжения;
- максимальное и минимальное значение тока короткого замыкания от внешней энергосистемы;
- эксплуатируемые на объекте системы телеметрии, телемеханики, РЗА.

Примерное содержание разделов технической части пояснительной записки:

Введение. Во введении раскрывается **актуальность** дипломного проекта, направленного на решение задачи повышения надёжности и бесперебойности электроснабжения потребителей конкретного объекта при различных режимах работы.

Раздел 1. Описание объекта и постановка задачи проектирования

1.1 Общая характеристика объекта (промышленного предприятия, электростанции)

1.2 Анализ существующей схемы электроснабжения и режимов электропотребления (с учётом особенностей работы потребителей)

1.3 Разработка технического задания (определение состава и этапов проекта)

1.4 Выводы по разделу 1

Раздел 2. Расчёт и анализ режимов электропотребления

2.1 Выбор и обоснование метода анализа электрических нагрузок

2.2 Определение расчётных нагрузок отдельных потребителей

Раздел 3. Расчёт и анализ аварийных режимов электропотребления

3.1 Выбор и обоснование контрольных точек расчёта и вида тока короткого замыкания

3.2 Расчёт токов короткого замыкания в рассматриваемых точках системы электроснабжения

Раздел 4. Управления режимами электропотребления

4.1 Анализ режимных ограничений

4.2 Разработка правил и алгоритмов управления режимами электропотребления

Раздел 5. Построение системы РЗА

5.1 Анализ методов защиты

5.2 Выбор и обоснование типа и вида релейной защиты

5.3 Выбор и обоснование типа и вида противоаварийной автоматики

5.4 Разработка комплектов РЗА для отдельных элементов и участков электрической сети (системы электроснабжения)

5.4 Расчёт уставок РЗА

5.5 Составление карты селективного действия РЗА

Раздел 6. Выбор аппаратных средств и конструктивного исполнения РЗА

- 6.1 Анализ и выбор современных программно-аппаратных средств релейной защиты и противоаварийной автоматики
- 6.2 Выбор первичных измерительных преобразователей
Выбор сечения проводников цепей управления
- 6.3 Разработка плана конструктивного размещения (исполнения) оборудования РЗА на станции (подстанции)
- 6.4 Разработка монтажных схем
- 6.5 Требования к оперативному персоналу по обслуживанию средств РЗА

Раздел 7. Надёжность проектируемой системы электроснабжения

- 7.1 Анализ аварийных ситуаций
- 7.2 Выбор и обоснование методики расчёта надёжности электроснабжения потребителей
- 7.2 Разработка мероприятий повышения надёжности электроснабжения

Раздел 8. Экологические аспекты работы рассматриваемой системы электроснабжения (электрической сети)

Раздел 9. Технико-экономическое обоснование проекта

Заключение. В заключении приводятся основные результаты проектирования, а так же описываются проблемы и перспективы развития, как рассматриваемой системы электроснабжения (электрической сети), так и системы РЗА.

В графической части дипломного проекта требуется изобразить:

- генплан или топографическую схему объекта;
- принципиальную электрическую схему сети, системы электроснабжения;
- методики и результаты расчётов уставок РЗА;
- схемы защит;
- карту селективного действия РЗА;
- алгоритмы управления режимами электропотреблением в аварийных режимах работы.

-ВКР научно-исследовательского характера

1. Анализ влияния электрических сетей на окружающую среду и ограничение вредных влияний.
2. Проблемы надёжности электрических сетей и систем.
3. Совершенствование методов автоматического управления энергосистемами.
4. Анализ вопросов эксплуатации сложных объектов.
5. Оптимизация развития сетей.
6. Анализ графиков потребления электроэнергии и процессов их изменения.
7. Анализ и сравнение замкнутых и разомкнутых сетей.
8. Оптимизация сетей (выбор оптимального числа линий, трансформаторов, их загрузки и т.д.).
9. Определение условий, при которых целесообразен переход на более высокие напряжения.
10. Построение и анализ новых зависимостей на основе метода экономических интервалов.
11. Сравнительный анализ различных способов регулирования напряжения.
12. Влияние отклонений напряжения на ущерб.
13. Оптимизация режимов сетей.
14. Анализ размещения компенсирующих устройств.
15. Определение условий, при которых целесообразно применение распределительных пунктов, и методика определения их числа.
16. Прогнозирование электропотребления.
17. Разработка алгоритмов управления системой электроснабжения крупного промышленного предприятия.
18. Исследование и совершенствование конструктивных исполнений сооружений сетей, подстанций и т. д.

-Примерный план ВКР «Проектирование крупной узловой подстанции»

1. Проектирование (реконструкция) узловой подстанции
 - 1.1 Обоснование необходимости сооружения (реконструкции) узловой подстанции
 - 1.2 Определение расчетных электрических нагрузок
 - 1.3 Выбор трансформаторов (автотрансформаторов) узловой подстанции
 - 1.4 Выбор схемы первичных соединений подстанции
 - 1.5 Проектирование компенсации реактивной мощности
 - 1.6 Выбор средств регулирования напряжения
- 2 Выбор основного электротехнического оборудования и токоведущих частей
 - 2.1 Расчет токов короткого замыкания
 - 2.2 Выбор коммутационных аппаратов
 - 2.3 Выбор ошиновки трансформаторов и шин
 - 2.4 Выбор измерительных трансформаторов
 - 2.5 Выбор схемы и трансформаторов собственных нужд
 - 2.6 Выбор источников оперативного тока
- 3 Заземление и грозозащита
 - 3.1 Проектирование заземляющего устройства
 - 3.2 Защита от перенапряжений
 - 3.3 Выбор изоляторов для воздушной линии
- 4 Релейная защита и автоматика
 - 4.1 Расчет токов короткого замыкания для выбора уставок и проверки чувствительности релейной защиты
 - 4.2 Защита присоединений, отходящих от узловой подстанции
 - 4.3 Защита сборных шин узловой подстанции
 - 4.4 Защита трансформаторов (автотрансформаторов) узловой подстанции

4.5 Защита питающих линий

4.6 Устройства автоматики и телемеханики в системе электроснабжения промышленного района

5 Вопросы эксплуатации, техники безопасности и охраны труда

Примерный план ВКР «Реконструкция узловой подстанции 110/35/10 кВ»

1. Общая характеристика объекта реконструкции.....
- 1.1 Обоснование необходимости реконструкции узловой подстанции ПС 110/35/10 кВ.....
- 1.2 Выбор схемы первичных соединений подстанции.....
2. Определение расчетных электрических нагрузок.....
3. Выбор трансформаторов узловой подстанции.....
4. Проектирование компенсации реактивной мощности.....
5. Выбор основного электротехнического оборудования и токоведущих частей.....
- 5.1 Расчет токов короткого замыкания.....
- 5.2 Выбор оборудования ОРУ 110 кВ.....
- 5.3 Выбор оборудования ОРУ 35 кВ.....
- 5.4 Выбор оборудования ЗРУ 10 кВ.....
- 5.5 Выбор схемы и трансформаторов собственных нужд.....
- 5.6 Выбор источников оперативного тока.....
6. Релейная защита и автоматика.....
- 6.1 Расчет токов короткого замыкания для выбора уставок и проверки чувствительности релейной защиты.....
- 6.2 Защита трансформаторов узловой подстанции.....
7. Заземление и грозозащита.....
- 7.1 Проектирование заземляющего устройства.....
- 7.2 Защита от перенапряжений.....
8. Вопросы эксплуатации, техники безопасности и охраны труда.....

Примерный план ВКР «Реконструкция КТП 10/0,4 кВ»

1. Общая характеристика объекта реконструкции.....
- 1.1 Обоснование необходимости реконструкции КТП 10/0,4 кВ.....
- 1.2 Выбор схемы первичных соединений КТП.....
2. Определение расчетных электрических нагрузок.....
3. Выбор трансформаторов КТП.....
4. Проектирование компенсации реактивной мощности.....
5. Выбор основного электротехнического оборудования и токоведущих частей.....
- 5.1 Расчет токов короткого замыкания.....
- 5.2 Выбор оборудования и ошиновки РУ 10 кВ.....
- 5.3 Выбор оборудования и ошиновки РУ 0,4 кВ.....
6. Релейная защита и автоматика.....
- 6.1 Расчет токов короткого замыкания для выбора уставок и проверки чувствительности релейной защиты.....
- 6.2 Защита трансформаторов КТП.....
- 6.3 Защита ВЛ 10 кВ.....
- 6.4 Защита ВЛ 0,4 кВ.....
7. Заземление и грозозащита.....
- 7.1 Проектирование заземляющего устройства.....
- 7.2 Защита от перенапряжений.....
8. Вопросы эксплуатации, техники безопасности и охраны труда.....

4.8 Заключение

В структурном элементе ПЗ ВКР «ЗАКЛЮЧЕНИЕ» формулируются обобщенные выводы и предложения по результатам решения поставленных задач, указываются перспективы применения результатов на практике и возможности дальнейшего исследования проблемы, отражают оценку технико-экономической эффективности внедрения. Если определение технико-экономической эффективности невозможно, необходимо указать научную, экологическую или иную значимость работы.

«ЗАКЛЮЧЕНИЕ» не должно содержать рисунков, формул.

4.9 Список использованных источников

Структурный элемент ПЗ ВКР «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ» должен содержать сведения об источниках, на которые имеются ссылки в тексте ПЗ ВКР. Сведения об использованных источниках приводятся в соответствии с требованиями к оформлению ссылок на источники представлены в «Методических предписаниях по оформлению выпускной квалификационной работы для студентов кафедры АИИТ» .

«СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ» должен включать изученную и использованную в ВКР литературу, в том числе издания на иностранном языке (при необходимости) и электронные ресурсы..

4.10 Приложения

Структурный элемент ПЗ ВКР «ПРИЛОЖЕНИЯ», как правило, содержит материалы, связанные с выполнением ВКР, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть. «ПРИЛОЖЕНИЯ» включают в структуру ПЗ ВКР при необходимости.

В качестве приложений, как правило, включают следующие материалы:

- а) акт внедрения результатов исследования в производство или в учебный процесс;
- б) заявка на патент или полезную модель;
- в) научная статья (опубликованная или представленная к публикации), список опубликованных научных работ по теме исследования (при их наличии);
- г) отчет о научно-исследовательской работе, представленный на конкурс;
- д) макеты устройств, информация о докладах на конференциях по теме ВКР и пр.
- е) протоколы проведенных исследований;
- ж) описание аппаратуры и приборов, применяемых при проведении экспериментов, измерений и испытаний;

з) иллюстративный материал к ВКР и пр.

5. Методические указания к проектированию районной электрической сети

ЗАДАНИЕ К ВКР

Задача: спроектировать схему электрической сети сельскохозяйственно-промышленного района.

Исходные данные

- Географическое положение узлов нагрузки и источника питания (на карте: масштаб: в 1 см – 2 км).
- Климатические условия – район по гололеду и ветру согласно ПУЭ.
- Электрические нагрузки узлов (по результатам преддипломной практики).
- Характеристики узлов нагрузки (по результатам преддипломной практики).

Содержание работы

1. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВАРИАНТОВ

- 1.1 Расчет суммарной электрической нагрузки района.
- 1.2 Обоснование необходимости и выбор места сооружения узловой подстанции.
- 1.3 Выбор номинального напряжения в системе внешнего электроснабжения. Анализ возможной схемы внешнего электроснабжения.
- 1.4 Выбор количества и мощности трансформаторов на узловой подстанции. Выбор компенсирующих устройств.
- 1.5 Выбор и проверка сечений проводов.
- 1.6 Проверка системы внешнего электроснабжения по потере напряжения.
- 1.7 Разработка вариантов схем системы внутреннего электроснабжения.
- 1.8 Выбор по натуральным показателям вариантов.

- 1.9 Предварительный расчет потокораспределения в выбранных схемах сети.
- 1.10 Выбор номинального напряжения сети и сечений проводов.
- 1.11 Проверка принятых марок проводов.
- 1.12 Проверка сети по потере напряжения.
- 1.13 Выбор трансформаторов и компенсирующих устройств потребительских подстанций.
- 1.14 Описание спроектированной сети.

2 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- 2.1 Конфигурация спроектированной электрической сети.
- 2.2 Эскиз принципиальной схемы электроснабжения сельскохозяйственно-промышленного района.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВКР

1 ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВАРИАНТОВ

1.1 Расчет суммарной электрической нагрузки района

Расчет электрических нагрузок необходим для решения вопросов о величине номинального напряжения электрической сети, целесообразности сооружения узловой подстанции и многих других, возникающих на стадии проектирования. Расчетные активная P_p и реактивная Q_p нагрузки определяются по формулам:

$$\begin{aligned}
 P_p &= K_{y.m} P_M + \Delta P, \\
 Q_p &= K'_{y.m} Q_M + \Delta Q, \\
 S_p &= \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

где P_M , Q_M – суммарные активная и реактивная нагрузки района, вычисляемые как сумма максимальных нагрузок i -ых узлов (по данным преддипломной практики):

$$P_M = \sum_{i=1}^n P_{Mi}, \quad Q_M = \sum_{i=1}^n Q_{Mi}, \quad (1.2)$$

$K_{у.м}$, $K'_{у.м}$ – коэффициенты участия в максимуме активных и реактивных нагрузок [3],

ΔP , ΔQ – потери активной и реактивной мощности в элементах сети.

Поскольку линии и трансформаторы будущей сети еще не выбраны, потери мощности определяются по эмпирическим формулам в долях от полной максимальной нагрузки района S_M :

$$\begin{aligned} \Delta P &= \Delta P_{л} + \Delta P_{тр} = (0,03 + 0,02)S_M = 0,05S_M, \\ \Delta Q &= \Delta Q_{л} + \Delta Q_{тр} = (0,05 + 0,1)S_M = 0,15S_M, \end{aligned} \quad (1.3)$$

а сама максимальная нагрузка составляет:

$$S_M = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{Mi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{Mi}\right)^2}. \quad (1.4)$$

1.2 Обоснование необходимости и выбор места сооружений узловой подстанции

Сооружение узловой подстанции (УП) позволяет сократить протяженность электрической сети и, следовательно, уменьшить капитальные вложения. Решение о необходимости УП может быть получено на основе технико-экономического сравнения вариантов. Однако практика

проектирования выработала критерий, в соответствие с которым УП целесообразно сооружать, если расстояние от источника питания (ИП) до теоретического центра нагрузок (ТЦН) не менее, чем в три раза превышает средневзвешенное расстояние между ТЦН и всеми узлами нагрузки.

Координаты ТЦН вычисляются по формулам:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mi} X_i}{\sum_{i=1}^n P_{Mi}}, \quad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mi} Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{Mi}},$$

в которых X_0, Y_0 – координаты i -го узла нагрузки (по данным преддипломно практики).

На лист миллиметровой бумаги формата А4 (или в графическом редакторе, например, «Компас») нанесите координаты узлов нагрузки, ИП и ТЦН (рис. 1.1). Чтобы найти средневзвешенное расстояние, определите вначале расстояния $L_{\text{ТЦН-}i}$ от ТЦН до каждого i -го узла и подставьте их в формулу:

$$L_{\text{ср.взв}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mi} L_{\text{ТЦН-}i}}{\sum_{i=1}^n P_{Mi}}.$$

Теперь замерьте расстояние от ИП до ТЦН ($L_{\text{ИП-ТЦН}}$) и разделите его на $L_{\text{ср.взв}}$. Если в итоге получилось больше трех (или близко к трем), можно делать вывод о том, что необходимо соорудить УП.

Узловую подстанцию удобно совместить с одним из ближайших узлов нагрузки, чтобы не увеличивать количество подстанций. Капитальные вложения в систему электроснабжения можно сократить, если УП совместить с

той потребительской подстанцией (ППС), которая из ближайших к ТЦН расположена ближе к ИП . Следует учесть также, что УП лучше совмещать с той потребительской подстанцией, нагрузка которой больше.

1.3 Выбор номинального напряжения в системе внешнего электроснабжения. Анализ возможной схемы внешнего электроснабжения

Номинальное напряжение сети существенно влияет на ее технико-экономические показатели и технические характеристики. Ориентировочно его можно определить по эмпирическим формулам, устанавливающим зависимость номинального напряжения от передаваемой мощности P (МВт) на одну цепь и расстояния L (км), на которую она передается. С этой целью используются либо формула Стилла

$$U_{\text{ном}} = 4,34\sqrt{L + 16P}, \quad (1.5)$$

которая справедлива при $L \leq 250$ км и $P \leq 60$ МВт, либо более универсальная формула Илларионова [2], дающая удовлетворительные результаты для всей шкалы номинальных напряжений от 35 до 1150 кВ,

$$U_{\text{ном}} = \frac{1000}{\sqrt{500/L + 2500/P}}. \quad (1.6)$$

Обратите внимание, что расстояние L в этих формулах измеряется в километрах. Поэтому расстояние от ИП до УП, замеренное в п.1.2 в см, необходимо умножить на масштаб m (в 1 см – 2 км) и коэффициент неравномерности трассы $k_{\text{н.т}}$, принимаемый в расчетах от 1,05 до 1,3:

$$L = L(\text{см})mk_{\text{н.т}}. \quad (1.7)$$

По расчетному значению выбирается ближайшее номинальное напряжение. Принятое значение сверяется с рекомендациями табл. 6.5 из [1].

Система внешнего электроснабжения предназначена для связи ИП с узловой подстанцией. Для обеспечения надежности и бесперебойности питания эта связь осуществляется по двум одноцепным линиям. Нанесите их на рис. 1.1 и оцените, не тяготеет ли один из узлов района к этой линии. Если такая ситуация наблюдается, то эту подстанцию следует включить в систему внешнего электроснабжения, проектирование которого будет выполнено в соответствующем разделе.

1.4 Выбор количества и мощности трансформаторов на узловой подстанции. Выбор компенсирующих устройств

Выбор номинального напряжения и анализ возможной схемы системы внешнего электроснабжения выполнены в п. 1.3. Дальнейшие действия по проектированию этой части электрической сети регламентируются перечнем вопросов, подлежащих рассмотрению (см. Содержание ВКР). Методика выполнения пунктов этого раздела не отличается от той, которая рассматривается при проектировании системы внутреннего электроснабжения. Поэтому здесь лишь отмечаются особенности, на которые необходимо обратить внимание.

На УП, как и на потребительских ПС, можно обосновать установку двух трансформаторов, если к ней не предъявляется особых требований, поэтому их мощность определяется по формуле (1.17). Отличие, однако, состоит в том, что вместо S_M необходимо принять $S_{p,УП}$ расчетную мощность УП. Если проектом предусмотрено питание всех без исключения узлов нагрузки с шин УП, то $S_{p,УП}$ совпадает с расчетной нагрузкой района (1.1).

В случае, когда к системе внешнего электроснабжения предполагается подключение одного из узлов нагрузки, расчетная мощность УП пересчитывается по методике п. 1.1, но без мощности узла, вошедшего в систему внешнего

электроснабжения. Выбор количества и мощности трансформаторов для этого УН не отличается от методики п. 1.10.

Возможна также ситуация, когда в системе внутреннего электроснабжения разные группы потребителей имеют различные первичные номинальные напряжения. Мощность УН, имеющих $U_{\text{ном}}$, совпадающее с номинальным напряжением системы внешнего электроснабжения, не входит в $S_{\text{р.УП}}$.

По принятой номинальной мощности трансформаторов и $S_{\text{р.УП}}$ рассчитываются коэффициенты загрузки нормального (1.18) и послеаварийного (1.19) режимов и сравниваются с соотношениями (1.20) – (1.21). Затем выбирается тип трансформаторов, который зависит от величин номинальных напряжений в системе внешнего и внутреннего электроснабжения района. Рассмотрим возможные ситуации.

1.4.1 Номинальные напряжения систем внешнего и внутреннего электроснабжения совпадают. В этом случае узловая подстанция будет распределительной, устанавливаемые на ней трансформаторы необходимы для питания только того узла нагрузки, с которым совмещена УП. Это будут двухобмоточные трансформаторы (или трансформаторы с расщепленными обмотками), мощность которых рассчитывается по мощности узла нагрузки.

1.4.2 Номинальные напряжения систем внешнего и внутреннего электроснабжения отличаются. В такой ситуации на УП устанавливаются трехобмоточные трансформаторы или автотрансформаторы.

Компенсирующие устройства на УП выбираются для компенсации реактивной мощности узла нагрузки, с которым совмещена УП. Как и в п. 1.10, проверяется загрузка выбранных на УП трансформаторов. В случае, описанном в п.п. 1.4.1, речь фактически идет о потребительской ПС, поэтому методика не отличается от той, которая приведена в п. 1.10. При проверке загрузки трехобмоточных трансформаторов или автотрансформаторов после компенсации в расчетной нагрузке $S_{\text{р.УП}}^{\text{к}}$ учитывается мощность компенсирующих устройств, установленных на самой УП, а также всех потребительских ПС, получающих питание с шин среднего напряжения УП.

1.5 Выбор и проверка сечений проводов

Если система внешнего электроснабжения представляет собой радиальную линию, связывающую ИП и УП, то по ней передается расчетная мощность района. Выбор сечения этой линии производится по методике п. 1.7. В случае, когда от системы внешнего электроснабжения получает питание еще и потребительская ПС, необходимо вначале показать рисунок с потокораспределением, а затем воспользоваться формулами п. 1.7. Результаты расчетов лучше привести в таблице.

1.6 Проверка системы внешнего электроснабжения по потере напряжения

При проверке системы внешнего электроснабжения по потере напряжения могут встретиться несколько ситуаций. Рассмотрим их.

1.6.1 Линия, связывающая ИП и УП, – радиальная и выполнена на более высоком номинальном напряжении, чем вся система внутреннего электроснабжения. В этом случае на трансформаторах, установленных на УП, имеется возможность регулирования напряжения в системе внутреннего электроснабжения. Поэтому достаточно, чтобы потеря напряжения на участке ИП–УП не превысила допустимого значения (см. п. 1.9).

1.6.2 От линии ИП–УП получает питание также и потребительская ПС, включенная в систему внешнего электроснабжения. Остальные потребители подключены к шинам среднего напряжения УП. Эта ситуация аналогична предыдущей, с тем лишь дополнением, что в рассматриваемой сети внешнего электроснабжения может быть несколько конечных точек, до каждой из которых следует найти суммарные потери напряжения и сравнить их с допустимым значением (см. п. 1.9).

1.6.3 Системы внешнего и внутреннего напряжения выполнены на одном и том же номинальном напряжении. УП имеет статус распределительной. На ней нет устройств, с помощью которых можно регулировать напряжение в районной сети. Поэтому потеря напряжения на линии ИП–УП $\Delta U_{\text{внешн}}$ суммируется

с максимальной потерей напряжения $\Delta U_{\text{внутр.мах}}$ в выбранной схеме внутреннего электроснабжения

$$\Delta U_{\Sigma} = \Delta U_{\text{внешн}} + \Delta U_{\text{внутр.мах}}$$

и затем уже сравниваются с допустимым значением. При такой системе электроснабжения района вероятно нарушение условия

$$\Delta U_{\Sigma} < [\Delta U].$$

Добиться восстановления неравенства можно несколькими способами:

- скорее всего, расчет потерь напряжения выполнялся без учета установки компенсирующих устройств. Попробуйте повторить расчет за вычетом мощности КУ;

- попробуйте увеличить сечение проводов в системе внешнего электроснабжения;

- если ни одно из этих мероприятий или их совокупность не помогают, принимайте более высокое напряжение в системе внешнего электроснабжения.

Однако при этом нужно будет вернуться к началу проектирования этой системы: потребуется установка трансформаторов или автотрансформаторов на УП, изменение сечения проводов. Возможно, придется отказаться от ранее принятой схемы подключения одного из потребителей к линии ИП–УП (по той причине, например, что в справочниках нет трансформаторов принятой ранее мощности трансформаторов на этой ПС с новым более высоким номинальным напряжением).

1.7 Разработка вариантов системы внутреннего электроснабжения

Схемы районной электрической сети должны удовлетворять минимальным требованиям надежности и вместе с тем быть достаточно дешевыми и простыми. В этом смысле наиболее распространены радиальные, магистральные или простейшие замкнутые сети с упрощенными схемами

первичных соединений, не содержащими сборных шин. Чтобы сократить количество рассматриваемых вариантов, все узлы нагрузки целесообразно разбить на две – три группы по территориальному признаку (взаимное расположение узлов и их местоположение относительно УП). Затем для каждой группы делаются «выкопировки» из рис. 1.1 и намечаются все возможные разумные варианты (например, рис. 1.2).

При разработке вариантов следует избегать противотоков мощности и стремиться к сокращению протяженности линий электропередачи. На этом рисунке показываются линии и выключатели, которые устанавливаются на головных участках линий, отходящих от УП, и в перемычках кольцевых схем.

Над каждой линией показывается длина участка, рассчитываемая по формуле (1.7). Длины участков сети можно показать в отдельных табличках, как это сделано, например, на рис. 1.2.

Каждой предложенной схеме дается характеристика, учитывающая капиталоемкость (протяженность сети, количество выключателей), надежность, удобство эксплуатации.

1.8 Выбор по натуральным показателям вариантов

Если удалось составить по 4–5 вариантов в каждой группе, то для дальнейших расчетов следует отобрать только по 2–3, чтобы ограничить объем вычислений. Это можно сделать с использованием натуральных показателей, к которым относятся суммарная протяженность сети и количество выключателей в схеме. При расчете протяженности сети необходимо учитывать, что к потребителям второй категории надежности в разомкнутых схемах линии можно выполнять на двухцепных опорах. Это существенно сокращает капитальные вложения в сеть. Если же в одной схеме содержатся потребители и первой и второй категорий, то вся сеть должна строиться из расчета обеспечения требований надежности для потребителей первой категории. Если позволяет район по гололеду [4], то и для потребителей первой категории можно использовать двухцепные опоры. В замкнутых сетях суммарная протяженность сети L_{Σ} рассчитывается как сумма длин участков,

проставленных на рисунке с вариантами. Для разомкнутых сетей, выполненных на одноцепных опорах, суммарная длина умножается на коэффициент 2, а в случае двухцепных опор – на коэффициент 1,6.

Для сопоставимости натуральных показателей вариантов количество выключателей в схеме заменяется эквивалентной по капитальным вложениям длиной линий электропередач (ЛЭП) $L_{\text{ЭКВ}}$ из расчета 3 км за один выключатель. Теперь можно найти суммарную длину L_{Σ} , характеризующую капитальные вложения в вариант:

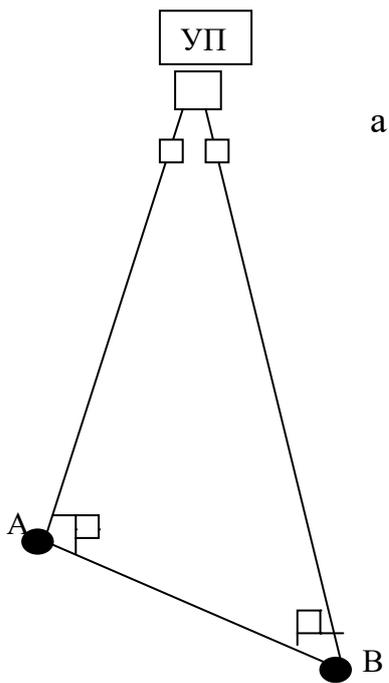
$$L_{\Sigma} = L_{\text{Л}} + L_{\text{ЭКВ}}.$$

Результаты расчета натуральных показателей удобно привести в таблице 1.2.

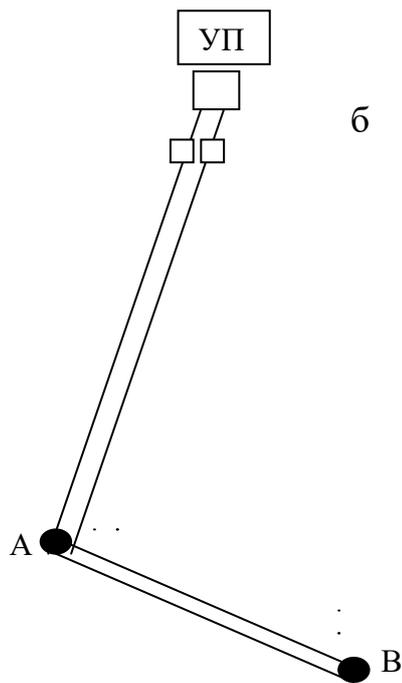
Таблица 1.2 – Натуральные показатели сравниваемых вариантов

Группа	Вариант	$l_{\text{Л}\Sigma}$ км	$n_{\text{В}}$ шт	$l_{\text{ЭКВ}}$ км	l_{Σ} км
1	а				
	б				
	в				
	г				
2	а				
	б				
	в				
	г				

На основе анализа полученных данных в каждой группе выбирается по 2–3 варианта с наименьшими значениями L_{Σ} , (например, радиально-магистральные и кольцевые схемы).

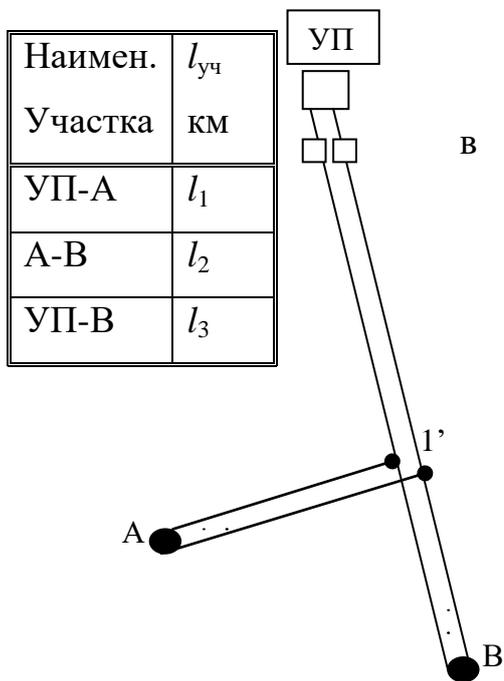


а

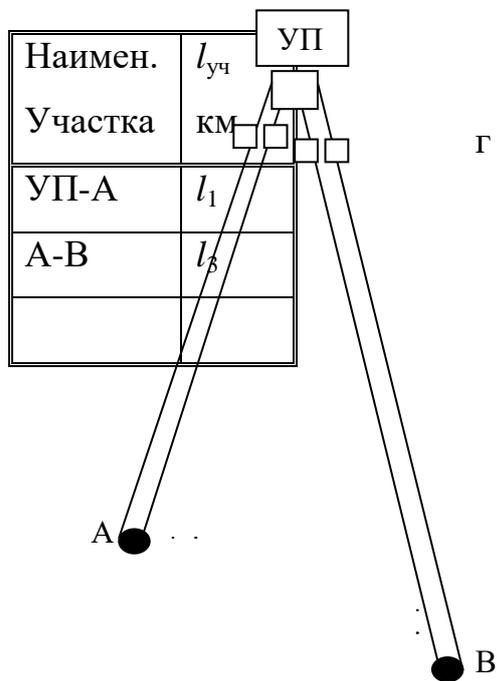


б

□



в



г

Наимен. Участка	$l_{\text{уч}}$ км
УП-1'	l_5
1'-А	l_4
1'-В	l_6

Наимен. Участка	$l_{\text{уч}}$ км
УП-А	l_1
УП-В	l_2

Рисунок 1.2 – Варианты схемы питания для 1 группы потребителей

а – кольцевая; б – магистральная;

в – магистральная с ответвлением; г – радиальная.

1.9 Предварительный расчет потокораспределения в выбранных схемах сети

Для расчета системы внутреннего электроснабжения вначале выполняется расчет потокораспределения. В разомкнутых сетях потоки мощности на участках определяются от конечных точек по направлению к узловой подстанции на основании первого закона Кирхгофа. Замкнутая сеть «разрезается» по УП. Затем рассчитывается мощность на головном участке с учетом допущения об однородности сети

$$\vec{S}_\Gamma = \frac{\sum_{j=1}^m \vec{S}_j L_{j-\text{УП}'}}{L_{\text{УП}-\text{УП}'}} \quad (1.8)$$

где \vec{S}_j – мощность j -го узла,

$L_{j-\text{УП}'}$ – расстояние от j -го узла до противоположного конца линии,

$L_{\text{УП}-\text{УП}'}$ – суммарная длина линии от УП до УП'.

На остальных участках кольцевой сети расчет выполняется по первому закону Кирхгофа.

Результаты расчета потоков мощности на участках во всех схемах наносятся на соответствующие рисунки (например, рис. 1.3).

1.10 Выбор номинального напряжения сети и сечений проводов

Напряжение в системе внутреннего электроснабжения рассчитывается по одной из формул, приведенных в п. 1.3. При этом используются рассчитанные в п. 1.9 потоки мощности и длины участков сети. Не забудьте, что в районных электрических сетях нецелесообразно использовать два номинальных напряжения в одной и той же электрически связанной сети. Зато вполне может получиться, что в разных группах вариантов потребуется использовать разные номинальные напряжения. Выбор номинального напряжения вариантов удобно представить в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Выбор номинального напряжения

Группа	Вариант	Наименование участка	$P_{уч}$ МВт	$n_{ц}$	$P_{(цены)}$ МВт	L км	U кВ	$U_{ном}$ кВ

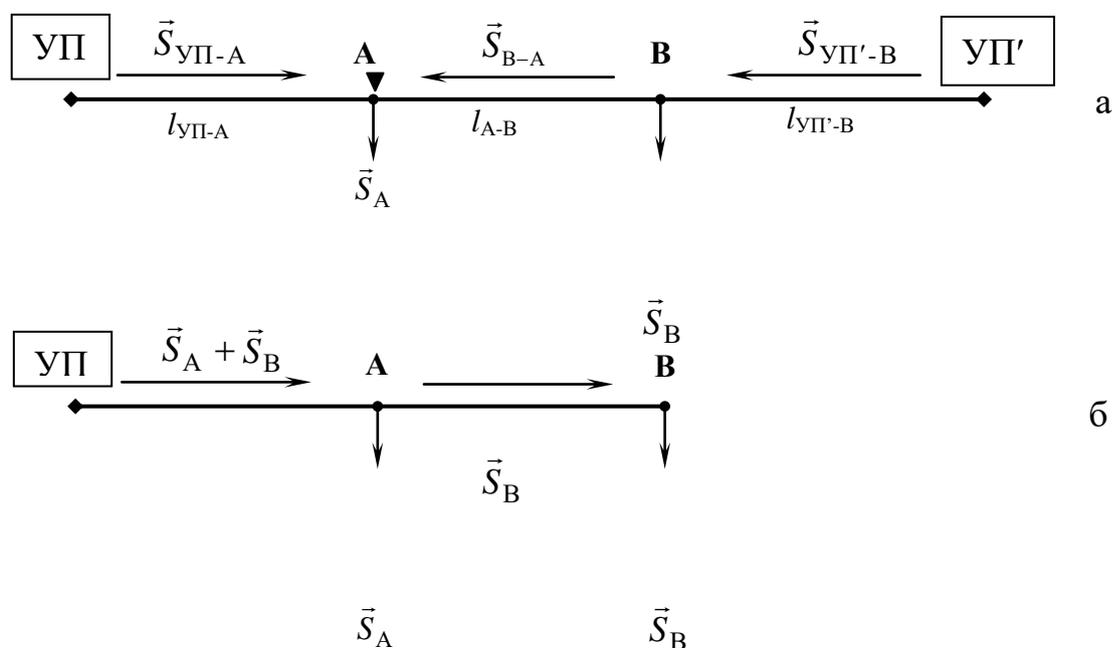


Рисунок 1.3 – Потокораспределения в схемах вариантов а и б 1 группы потребителей

1.11 Проверка принятых марок проводов

Проверка принятых проводов сети по нагреву длительным током производится в наиболее тяжелых режимах работы (послеаварийных). С этой целью производится сравнение тока послеаварийного режима $I_{ав}$ на каждом участке сети с допусаемым $I_{доп}$ для соответствующего марки провода.

Аварийный ток определяется с учетом количества цепей $n_{ц.ав.}$ этого режима по формуле:

$$I_{ав} = \frac{S_{уч. ав} \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_{ном} n_{ц. ав}}, \quad (1.11)$$

где $S_{уч.ав.}$ – потоки мощности на участках в послеаварийном режиме.

В разомкнутых сетях аварийная ситуация связана с отключением одной цепи. При этом потокораспределение не изменяется, но вся нагрузка ложится на одну цепь, что ведет к увеличению тока в два раза ($I_{ав} = 2I_p$).

В замкнутой сети наиболее тяжелыми авариями являются случаи отключения одного из головных участков. Это приводит к тому, что сеть становится разомкнутой, и потокораспределение в ней находится по первому закону Кирхгофа. Поскольку заранее неизвестно, отключение какого из головных участков приведет к более серьезным последствиям, в работе рассматриваются оба случая (см. рис.1.4).

Провод не перегревается при выполнении соотношений:

$$I_{ав} \leq I_{доп}. \quad (1.12)$$

Результаты проверки проводов по нагреву приводятся в табл.1.5.

Если для какого-то участка сети оказалось, что $I_{ав} > I_{доп}$, то необходимо увеличить сечение провода на этом участке. При этом, однако, необходимо проконтролировать, чтобы оно не превысило максимальное рекомендуемое сечение для используемого номинального напряжения.

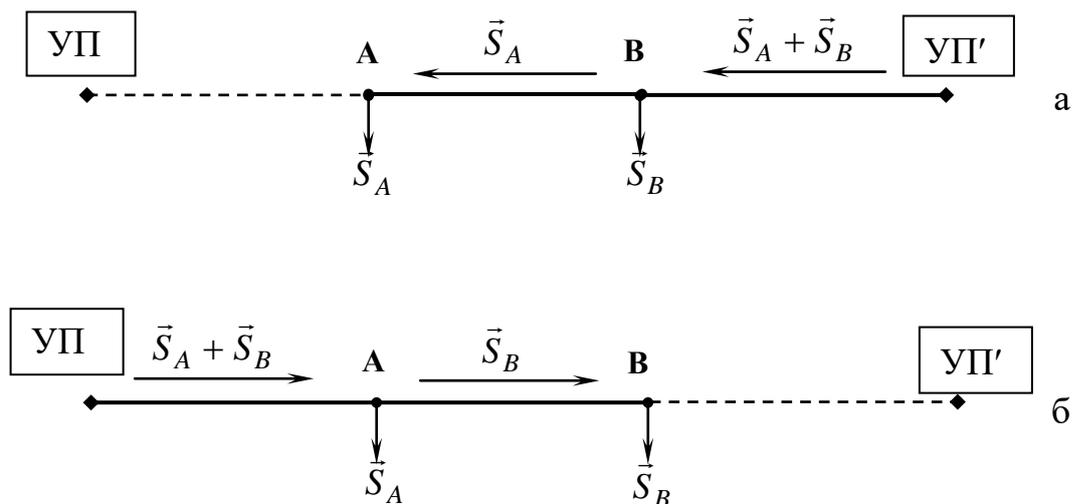


Рисунок 1.4 – Потокораспределение при аварийном отключении головного участка в кольцевой сети слева (а) и справа (б)

Таблица 1.5 – Проверка принятых марок проводов по нагреву длительным током в послеаварийных режимах

Группа	Вариант	Наим. участка	$P_{\text{уч}} + jQ_{\text{уч}}$ МВА	$I_{\text{ав}}$ А	Марка провода	$I_{\text{доп}}$ А	$I_{\text{ав}} < I_{\text{доп}}$
1	а	Отключение «справа»					
		УП–А					
		А–В					
		Отключение «слева»					
		УП'–В					
		В–А					
	б	УП–А					
		А–В					

Расчеты на корону не выполняются, поскольку минимальные стандартные сечения проводов в сети 110, 220 и 330 кВ сразу выбираются в соответствии с требованиями ПУЭ (см., например, табл.1.18 в [5]).

По ПУЭ механическая прочность обеспечивается, если выполняется заданное соотношение алюминиевой и стальной части провода А:С [4].

Фактические значения F_a и F_c можно найти в [5].

Пример проверки провода на механическую прочность приведен в табл. 1.6.

Таблица 1.6 – Принятые марки проводов с учетом области применения по ПУЭ

Марка Провода	Сечение, мм ²		Отношение А:С	
	алюминия	стали	фактическое	по ПУЭ
АС – 95/16	91,7	15,00	6,11	6,0 – 6,25
АС – 240/32	244,0	31,7	7,70	7,71 – 8,04

1.12 Проверка сети по потерям напряжения

По потере напряжения проверяется не провод, а сеть от УП до каждой конечной точки. Эта проверка представляет собой оценку обеспечения качества электроэнергии на зажимах потребителей с точки зрения ГОСТ 13109-97.

Требования стандарта будут выполняться при условии:

$$\Delta U_{\Sigma k} \leq [\Delta U_{ав}]. \quad (1.13)$$

Допустимое значение $[\Delta U_{ав}]$ зависит от возможности регулирования напряжения в системе [2]. Для сетей 35–110 кВ $[\Delta U_{ав}] = 15\%$.

Потеря напряжения на каждом участке сети определяется как продольная составляющая падения напряжения:

$$\Delta U_{ав} = \frac{P_{уч.ав} R + Q_{уч.ав} X}{U_{ном}}, \text{ кВ}, \quad (1.14)$$

или в процентах:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{\text{ав}}}{U_{\text{ном}}} 100\%, \quad (1.15)$$

где $P_{\text{уч.ав}}$ и $Q_{\text{уч.ав}}$ – активные и реактивные мощности на участках сети, известные из приближенного расчета потокораспределения в послеаварийном режиме;

R и X – активные и реактивные сопротивления соответствующих участков сети.

Сопротивления вычисляются по удельным величинам r_0 , x_0 [3, 5] и длине линии l :

$$R = r_0 l; \quad X = x_0 l. \quad (1.16)$$

Результаты расчета потерь напряжения приводятся в табл. 1.7.

Таблица 1.7 – Расчет потерь напряжения в послеаварийных режимах

Группа	Вариант	Име- ние участка	Мар- ка про- вода	$P_{\text{уч}} + jQ_{\text{уч}}$ МВА	l к м	r_0 Ом/к м	x_0 Ом/к м	R Ом	X Ом	ΔU		
										кВ	%	
1	а	Отключение «справа»										
		УП–А										
		А–В										
И т о г о :												

Обратите внимание на то, что в варианте магистральной схемы с ответвлением в сети имеется несколько конечных точек, для каждой из которых в итоговой строке должно быть записано соответствующее суммарное значение.

Если получилось, что $\Delta U_{\Sigma k} > 15\%$, то можно попробовать увеличить сечение провода на одном или нескольких участках. Если замена сечений оказалась неэффективной, то нужно принять более высокое номинальное напряжение или отказаться от варианта как технически нереализуемого. В этом случае следует принять к рассмотрению другой вариант из состава предложенных (см. п.1.3).

1.13 Выбор трансформаторов и компенсирующих устройств потребителей подстанций

Для обеспечения минимально необходимого уровня надежности электропитания потребителей 1-й и 2-й категорий установка двух одинаковых трансформаторов ($n_T = 2$) является наиболее целесообразным решением. При выходе из строя одного трансформатора оставшийся в работе должен взять на себя всю нагрузку ПС. Требуемая мощность трансформатора $S_{\text{тр.реб}}$ выбирается таким образом, чтобы при отключении одного трансформатора обеспечить питание потребителей 1-й и 2-й категорий:

$$S_{\text{тр.реб}} \geq (0,6 - 0,75) S_M, \quad (1.17)$$

где $0,6 - 0,75$ – доля потребителей 1-й и 2-й категорий.

По $S_{\text{тр.реб}}$ выбирается ближайшее значение номинальной мощности трансформаторов $S_{\text{тр.ном}}$.

Для выбранных трансформаторов рассчитываются коэффициенты загрузки:

– в нормальном режиме

$$k_3 = \frac{S_M}{n_T S_{\text{ном.Т}}}, \quad (1.18)$$

– в послеаварийном режиме

$$k_{3.ав} = \frac{S_M}{(n_T - 1) S_{\text{ном.Т}}}. \quad (1.19)$$

В нормальном режиме значения k_3 не должно выходить за пределы экономически целесообразных величин:

$$0,5 \leq k_3 \leq 0,75, \quad (1.20)$$

а в аварийном режиме величина $k_{3,ав}$ не должна превышать технически допустимое значение [8]. На стадии проектирования можно принять, что

$$k_3 \leq 1,5. \quad (1.21)$$

Результаты выбора трансформатора приведены в табл. 1.8.

Таблица 1.8 – Выбор трансформаторов потребительских подстанций

Наименование ПС	$P_M + jQ_M$ МВА	S_M МВА	$S_{\text{треб}}$ МВА	$S_{\text{т.ном}}$ МВА	$n_{\text{тр}}$	k_3	$k_{3,ав}$	Тип трансформатора

Каталожные данные выбранных трансформаторов приведены в табл. 1.9.

Таблица 1.9 – Параметры трансформаторов

Наименование ПС	Тип трансформатора	$U_{\text{в.ном}}$ кВ	$U_{\text{н.ном}}$ кВ	ΔP_K кВт	U_K %	ΔP_x кВт	I_x %

В табл. 1.9 приняты следующие обозначения:

- $U_{\text{в.ном}}$, $U_{\text{н.ном}}$ – номинальные высшее и низшее напряжения;
- ΔP_K , ΔP_x – потери короткого замыкания и холостого хода;

- U_k – напряжение короткого замыкания;

- I_x – ток холостого хода.

Нормальное функционирование электроприемников, работающих с созданием электромагнитных полей, связано с потреблением из сети реактивной мощности. Это ведет к дополнительным потерям активной мощности в элементах сети. Для разгрузки сети от реактивной мощности выполняется ее компенсация. На потребительских ПС целесообразно выполнить ее с помощью конденсаторных батарей, включаемых параллельно нагрузке (поперечная компенсация).

В соответствии с Руководящими указаниями [9] мощность КУ определяется по формуле:

$$Q_{ку} = P_{\phi 1}(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_{\text{эк}}), \text{ Мвар}, \quad (1.22)$$

$$\text{где } \operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{Q_{\phi 1}}{P_{\phi 1}}, \quad (1.23)$$

$P_{\phi 1}, Q_{\phi 1}$ – наибольшие активная и реактивная нагрузки в часы, устанавливаемые энергосистемой.

Если графики нагрузки для потребительских ПС не заданы, с некоторым запасом принимаем, что

$$P_{\phi 1} = P_M; \quad Q_{\phi 1} = Q_M. \quad (1.24)$$

Величина $\operatorname{tg}\varphi_3$ задается энергосистемой в зависимости от величины первичного напряжения (табл. 1.10).

Таблица 1.10 – Экономические значения тангенса φ ($\operatorname{tg}\varphi_3$)

$U_{\text{ном}}$ кВ	$\operatorname{tg}\varphi_3$
6 (10)	0,4
35	0,23
110	0,28
220>	0,32

Если $\operatorname{tg}\varphi_1 < \operatorname{tg}\varphi_3$ или $Q_{\text{КУ}} < 400$ квар, то КУ не устанавливаются.

При выборе номинальной мощности и количества комплектных конденсаторных установок следует исходить из необходимости равномерной разгрузки трансформаторов от реактивной мощности. Поскольку секционные выключатели на стороне низшего напряжения потребительских ПС отключены, количество однотипных установок должно быть кратно количеству секций на ПС (двум – при двухобмоточных трансформаторах и четырем – при трансформаторах с расщепленными обмотками).

Мощность и тип комплектных конденсаторных установок выбирается по [6] и фиксируются в табл. 1.11.

Таблица 1.11 – Выбор компенсирующих установок

Наименование ПС	$P_{\phi 1}$ МВт	$\operatorname{tg}\varphi_1$	$U_{1\text{ном}}$ кВ	$\operatorname{tg}\varphi_3$	$Q_{\text{КУ}}$ Мвар р	Тип трансформатора	$U_{2\text{ном}}$ кВ	Тип и количество КУ	$Q_{\text{КУ.ном}}$ Мвар
А									
Б									
В									

При установке КУ трансформаторы разгружаются от протекания реактивной мощности, поэтому необходимо проверить их загрузку и выявить возможность установки трансформаторов меньшей мощности. Коэффициенты загрузки трансформаторов вычисляются по формулам (1.18) и (1.19) с учетом того, что после компенсации нагрузка узла составляет:

$$S_M^k = \sqrt{P_M^2 + (Q_M - Q_{\text{КУ.ном}})^2}. \quad (1.25)$$

Если в этом случае нарушается нижняя граница экономического интервала коэффициентов нагрузки ($k_{з.к} < 0,5$), то следует рассмотреть возможность

уменьшения номинальной мощности трансформаторов, устанавливаемых на ПС.

Результаты проверки загрузки трансформаторов приводятся в табл. 1.12.

Таблица 1.12 – Проверка загрузки трансформаторов после установки КУ

Наименование ПС	$P_M + jQ_M$ МВА	$Q_{ку.ном}$ Мвар	$S_{ном.тр}$ МВА	$S_M^к$ МВ А	$k_{з.к}$	$k_{з.ав.к}$	После замены трансформаторов		
							тип трансформатора	$k_з$	$k_{з.ав.}$

После табл. 1.12 делается анализ целесообразности замены трансформаторов на конкретных потребительских ПС.

1.14 Описание схем электроснабжения района

В этом пункте вначале обосновываются схемы первичных соединений ИП, УП и потребительских ПС на всех номинальных напряжениях. Для этого нужно нарисовать конфигурацию электрической сети (п. 2.1), чтобы знать количество присоединений на шинах УП и схему соединения потребительских ПС. Выбор схемы первичных соединений производится в соответствии с требованиями [7].

Затем дается описание системы внешнего электроснабжения (номинальное напряжение, схема сети, протяженность линии, марка проводов, тип опор, количество, тип и мощность трансформаторов или автотрансформаторов, установленных на УП). Описывается конфигурации сети внутреннего электроснабжения, отмечаются достоинства выбранного варианта. Приводятся марки принятых проводов и типы опор. Делается ссылка на принципиальную схему электроснабжения района (п. 2.2).

Описываются основные средства автоматики, предусмотренные в схеме для обеспечения надежности и бесперебойности электроснабжения.

2 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1 Конфигурация спроектированной электрической сети

Для создания этого рисунка, который будет иметь номер 2.1 (см. далее по тексту), необходимо повторить ситуационный план (см. рис. 1.1), но дополнить его линиями электропередачи системы внешнего и внутреннего электроснабжения, а также привести условные обозначения для ПС разного уровня (потребительские, УП, ИП) и ЛЭП различных номинальных напряжений.

2.2 Эскиз принципиальной схемы электроснабжения промышленного района

Рис. 2.2, содержащий эскиз принципиальной схемы электроснабжения района, выполняется на листе миллиметровой бумаги формата не менее А3 или в графическом редакторе (например, КОМПАС). На схеме показываются шины всех номинальных напряжений, начиная с шин ИП и заканчивая шинами 6–10 (0,4) кВ потребительских ПС, с обязательным указанием значений напряжения на шинах, основные коммутационные аппараты (выключатели, разъединители, предохранители с указанием их типов).

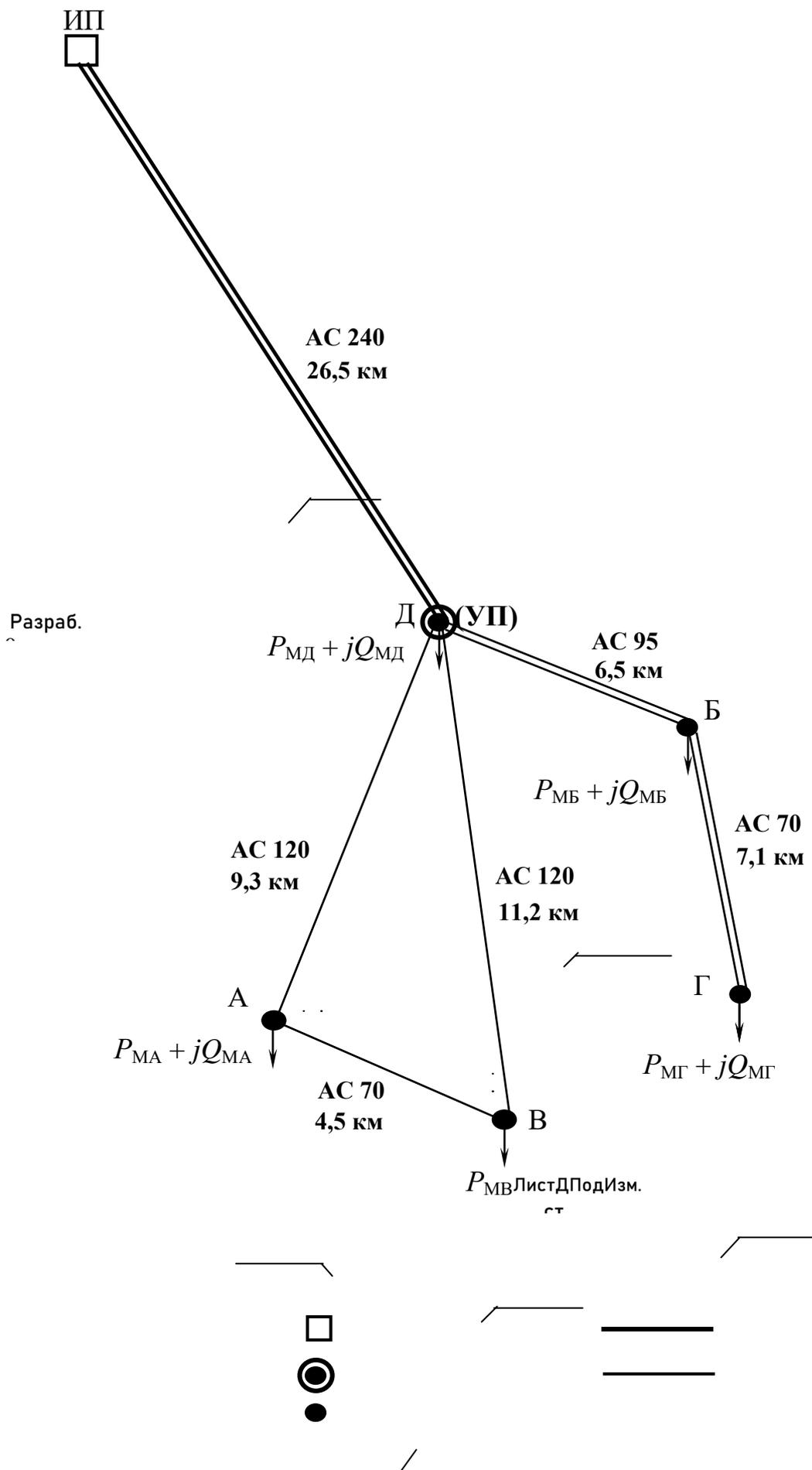
Изображаются трансформаторы УП и потребительских ПС с указанием схемы соединения обмоток. Для сетей с эффективно заземленной нейтралью показываются также аппараты, включаемые в нейтраль трансформаторов. Подписываются названия подстанций и типы трансформаторов.

На схему наносятся линии электропередачи, на которых надписываются их длины и марки проводов.

Обязательным является расстановка средств автоматики в соответствии с описанием, приведенным в п. 1.14.

Перечень ссылок

- 1 Идельчик В.И. Электрические системы и сети. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
- 2 Электрические системы и сети / Н.В. Буслова, В.Н. Винославский, Г.И. Денисенко, В.С. Перхач. – К.: Вища шк. Головное издательство, 1986. – 584 с.
- 3 Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С.С. Рокотяна, И.М. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.
- 4 Правила устройства электроустановок/Минэнерго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 648 с.
- 5 Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
- 6 Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей / Под ред. Я.М. Большама, В.И. Круповича, М.Л. Самовера. – М.: Энергия, 1974. – 696 с.
- 7 Справочник по электроустановкам высокого напряжения / Под ред. И.А. Баумштейна и В.М. Хомякова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 656 с.
- 8 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. Министерство энергетике и электрификации СССР. – 14-е изд., переработанное и дополненное, – М.: Энергоатомиздат., 1989. – 191с.
- 9 Указания по компенсации реактивной мощности в распределительных сетях – М.: Энергия 1974. – 72 с.
- 10 Мельников Н.А. Электрические системы и сети. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 599 с.



Условные обозначения

ИП	ЛЭП 220
УП	ЛЭП 110
ППС	

Рисунок 2.1 – Конфигурация электрической сети

Таблица А.1 – Характеристики электрических нагрузок различных отраслей промышленности [3]

Наименование отрасли промышленности	Категория ответственности	Номинальное напряжение $U_{2ном}$, кВ	Число часов использования макс. нагрузки T_M, ч
Угледобыча	I	6	6000
Нефтепереработка	I	6	8000
Торфоразработка	II	6	3500
Черная металлургия	I	6	6500
Цветная металлургия	I	10	7500
Химия	I	6	7600
Тяжелое машиностроение	I	10	5500
Ремонтно-механические предприятия	II	10	4000
Станкостроение	II	10	4500
Автомобилестроение	II	10	5500
Деревообрабатывающая промышленность	II	10	3500
Целлюзно-бумажная промышленность	II	10	6000
Легкая промышленность	II	10	3500
Прядильно-ткацкие фабрики	II	10	4500
Печатных и отделочных работ	II	10	4500
Пищевая промышленность	II	10	3500

Приложение А
Форма титульного листа ВКР

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования
 Пермский национальный исследовательский политехнический университет
 (ПНИПУ)

Чайковский филиал ПНИПУ
 Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Профиль: Электроснабжение
 Кафедра: Автоматизации, информационных и инженерных технологий

Зав. кафедрой АИИТ
 _____ (Фамилия И.О.)
 « ____ » _____ 20__ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
 на соискание академической степени бакалавра
 на тему

« _____ »

Студент: _____ Фамилия Имя Отчество
 (подпись, дата)

Группа: ЭС- _____

Состав ВКР:

1. Пояснительная записка на ____ стр.
2. Графический материал на ____ стр.

Руководитель ВКР: _____ звание, должность
 (подпись, дата) Фамилия И.О.

Консультант по _____ звание, должность
 разделу: _____ (подпись, дата) Фамилия И.О.

Консультант по _____ звание, должность
 разделу:: _____ (подпись, дата) Фамилия И.О.

Консультант по _____ звание, должность
 разделу:: _____ (подпись, дата) Фамилия И.О.

Нормоконтроль: _____ звание, должность
 (подпись, дата) Фамилия И.О.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
(ПНИПУ)

Чайковский филиал ПНИПУ
Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль: Электроснабжение
Кафедра: Автоматизации, информационных и инженерных технологий

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____
« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы бакалавра

Фамилия, имя, отчество: _____

Группа: ЭС-_____

Начало выполнения работы: _____ .20__ г.

Контрольные сроки просмотра работы кафедрой: _____

Сроки представления на рецензию _____

Защита работы на заседании ГЭК: _____ 20__ г.

1. Наименование темы: «_____»

2. Исходные данные к работе: _____

3. Содержание пояснительной записки:

а) основная часть

б) выбор оборудования распределительных устройств высокого и низкого напряжения электроэнергии:

в) релейная защита _____

4. Перечень графического материала _____

4. Дополнительные указания:

5. Основная литература

7. Календарный график выполнения выпускной квалификационной работы

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Наименование этапа	Объем (в%)	Начало	Конец
1. Сбор и анализ исходных данных, постановка задачи	10		
2. Изучение теоретического материала по предметной области; анализ и выбор методов и средств решения задачи	20		
3. Разработка теоретической части, методики решения; Выбор и разработка средств решения задачи	20		
4. Тестирование разработки, постановка экспериментов, формулировка выводов	20		
5. Оформление графической части проекта	10		
6. Оформление пояснительной записки	10		
7. Представление работы на проверку и отзыв руководителя квалификационной работы	-		
8. Предварительная защита работы	5		
9. Прохождение нормоконтроля	-		
10. Представление работы на кафедру	-		
11. Защита на заседании ГЭК	5		

Руководитель ВКР:

(подпись, дата)

звание, должность

Фамилия И.О.

Консультант по основной части:

(подпись, дата)

звание, должность

Фамилия И.О.

Задание получил:

(подпись, дата)

Фамилия Имя Отчество

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Перечень замечаний нормоконтролера к ВКР

Замечание	Страница

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

И.о. зав кафедрой АИИТ
С.Н. Красильникову
студента группы _____

ЗАЯВЛЕНИЕ

Прошу утвердить мне тему выпускной квалификационной работы

В качестве руководителя выпускной квалификационной работы прошу утвердить

(фамилия, имя, отчество, учёная степень, учёное звание)

(занимаемая должность)

Подпись студента

Подпись руководителя

Дата

Визы:

Решение зав. кафедрой

					<i>460.АИИТ.15.03.04-2018.00167-01 81 01</i>			
		№ до-						<i>Лис-</i>
		Иль-			<i>Тема ВКР</i>			<i>40</i>
		Тру-						
	<i>Н.</i>	<i>Шульга Н.А.</i>				<i>ПНИПУ, гр. АТПП-</i>		
		<i>Ива-</i>						