

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева**

**Кафедра «Электроэнергетика»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ  
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Уровень профессионального образования:  
высшее образование – бакалавриат

Направление подготовки:  
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль (специализация) подготовки:  
«Электроснабжение»

Квалификация выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очная, заочная

Тула 2016 г.

Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы (ВКР) составлены доцентом В.С. Косырихиным и обсуждены на заседании кафедры «Электроэнергетика» института высокоточных систем им. В.П. Грязева

протокол заседания кафедры № 10 от "31" октября 2016 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ В.М. Степанов

Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы (ВКР) пересмотрены и утверждены на заседании кафедры «Электроэнергетика» института высокоточных систем им. В.П. Грязева

протокол заседания кафедры №     от "     " \_\_\_\_\_ 20     г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ В.М. Степанов

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.....	7
2 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....	8
2.1 Тематика выпускной квалификационной работы.....	8
2.2 Исходные данные к выпускной квалификационной работе.....	9
2.3 Задание на выпускную квалификационную работу.....	11
2.4 Объем выпускной квалификационной работы.....	12
2.5 Работа над выпускной квалификационной работой.....	13
2.6 Защита выпускной квалификационной работы.....	15
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....	17
3.1 План построения и содержание разделов пояснительной записки к выпускной квалификационной работе.....	17
3.2 Методические указания по выполнению отдельных разделов выпускной квалификационной работы.....	19
3.3 Оформление пояснительной записки ВКР.....	25
3.4 Оформление графической части выпускной квалификационной работы.....	26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Примеры содержания заданий для ВКР .....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Форма листа задания для ВКР.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Форма титульного листа для ВКР бакалавра.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Требования к оформлению пояснительной записки.....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» – область науки и техники, которая включает совокупность технических средств, способов и методов осуществления процессов производства, передачи, распределения, преобразования, применения и управления потоками электрической энергии; разработку, изготовление и контроль качества элементов, аппаратов, устройств, систем и их компонентов, реализующих вышеперечисленные процессы.

Методические указания разработаны в соответствии с нормативно-правовой базой ООП ВО, которую составляют федеральные нормативные акты в сфере образования а также методические рекомендации Минобрнауки России, устав Тульского государственного университета, локальные нормативные акты Тульского государственного университета, регламентирующие организацию учебного процесса в университете.

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» утверждено приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 сентября 2015 года № 955.

Степень (квалификация) выпускника – бакалавр. Срок получения образования по ООП ВО по очной форме обучения составляет 4 года, включая каникулы, предоставляемые после прохождения государственной итоговой аттестации.

Срок получения образования по ООП ВО по заочной форме обучения составляет 4 года 6 месяцев, включая каникулы, предоставляемые после прохождения государственной итоговой аттестации.

Объектами профессиональной деятельности выпускника являются:

- системы электроснабжения объектов техники и отраслей хозяйства;
- электрическое хозяйство промышленных предприятий, заводское электрооборудование низкого и высокого напряжения, электротехнические

установки, сети предприятий, организаций и учреждений;

-методы и средства контроля качества электроэнергии, систем электрооборудования и электроснабжения, электротехнологических установок и систем.

Выпускник по направлению 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника» подготовлен к выполнению одного или нескольких видов профессиональной деятельности, таких, как:

- проектно-конструкторская;
- производственно-технологическая;
- научно-исследовательская.

Выпускники, успешно освоившие образовательные программы академического бакалавриата, подготовлены к обучению в магистратуре на кафедре по направлению подготовки 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника» по профилям «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические системы и сети», «Устройства автоматического управления и релейной защиты в электроэнергетике», «Нетрадиционные и возобновляемые источники электрической энергии». Уровень образования: высшее образование – магистратура. Форма обучения - очная и заочная. Срок получения образования по очной форме 2 года, по заочной форме – 2 года 6 месяцев. Тип образовательной программы: программа академической магистратуры. Квалификация выпускника: магистр.

Оценка качества освоения обучающимися ООП ВО включает текущий контроль успеваемости, промежуточную и государственную итоговую аттестацию.

Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация и государственная итоговая аттестация обучающихся осуществляются в соответствии с локальными нормативными актами ТулГУ – Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

обучающихся по основным образовательным программам высшего образования и Положением о государственной итоговой аттестации по программам бакалавриата.

В соответствии с учебным планом ООП ВО государственная итоговая аттестация проводится в форме защиты выпускной квалификационной работы.

Итоговая государственная аттестация студентов-выпускников бакалавриата высшего учебного заведения является обязательной и осуществляется после освоения основной образовательной программы в полном объеме.

В результате освоения программы ООП ВО бакалавриата у выпускника должны быть сформированы общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки.

# **1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Целью итоговой государственной аттестации является установление уровня подготовки выпускника по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиля «Электроснабжение» к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям государственного образовательного стандарта высшего образования (включая федеральный, национально-региональный компоненты и вузовский компонент образовательного учреждения) для присвоения академической степени (квалификации) соответствующего уровня высшего образования.

Задачами итоговой государственной аттестации являются:

- определение уровня подготовки обучающегося к выполнению профессиональных компетенций;
- установление степени соответствия подготовки выпускника требованиям государственного образовательного стандарта высшего образования.
- разработка рекомендаций для повышения качества подготовки обучающихся.

## **2 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

### **2.1 Тематика выпускной квалификационной работы**

Тематика выпускной квалификационной работы (ВКР) охватывает широкий круг вопросов, обусловленных учебными программами изучаемых дисциплин.

Конкретную тематику ВКР разрабатывает кафедра с учетом дифференцированного обучения студентов. При индивидуальных планах обучения и подготовке специалистов по прямым договорам с предприятиями и учреждениями рекомендуются прикладные темы с учетом возможного использования результатов проектирования на промышленных объектах.

Тема ВКР предлагается дипломнику кафедрой. Студент может самостоятельно выбрать тему ВКР с соответствующим обоснованием целесообразности её выполнения. После выполнения преддипломной практики на соответствующем промышленном предприятии уточняется тематика проектирования и даются точные названия тем ВКР. Тема ВКР утверждается приказом по университету.

Основой для темы выпускной квалификационной работы (ВКР) может быть проектирование новой энергетической установки или реконструкция (модернизация) действующей, совершенствование элементов энергетического оборудования с целью повышения энергоэффективности и энергосбережения.

Рекомендуется в ВКР выполнять детальную разработку систем электроснабжения промышленного объекта (завода, предприятия, населенного пункта), или трансформаторной подстанции) или районной энергосистемы.

Примерный перечень тем ВКР приведен ниже.



1. Разработка системы электроснабжения объекта (промышленного предприятия, городского района, сельскохозяйственного района и т.п.).
2. Реконструкция существующей системы электроснабжения объекта.
3. Исследование режимов работы системы электроснабжения объекта.
4. Реконструкция электрической части ПС № 242 Алексинского завода арматуры.
5. Система электроснабжения делового центра конгрессов и киноконцертного комплекса.

## **2.2 Исходные данные к выпускной квалификационной работе**

Исходные данные для проектирования подбираются руководителем ВКР, назначаемым кафедрой, согласно настоящим методическим указаниям и должны содержать реальные данные промышленного объекта: его местоположение, сведения об электрических нагрузках и др. Они должны давать возможность студенту ориентироваться на современные системы электроэнергетики и не противоречить требованиям нормативных и руководящих документов (ПУЭ, СНиП, ГОСТ).

Для выполнения дипломного проекта необходимы следующие исходные данные.

1. Генеральный план предприятия, на котором обозначены места расположения цехов, пути внутризаводского транспорта, зеленые насаждения и другие объекты и сооружения.
2. Характеристика технологического процесса производства предприятия и отдельных цехов, технологическая взаимосвязь цехов.
3. Оценка влияния внезапных перерывов электроснабжения на технологический процесс.
4. Сведения о характере окружающей среды в цехе (степень возгораемости строительных материалов и конструкций, влажность среды

помещения, наличие химически активных веществ и т.д.).

5. План расположения оборудования в цехе.

6. Характеристика потребителей электроэнергии и их влияние на качество электроэнергии.

7. Сведения об источниках электроснабжения промышленного предприятия (цеха):

– схема существующего питания с указанием мощности источников питания (генераторов или силовых трансформаторов) или сведения о возможных источниках питания (ИП) и их мощности;

– реактивное сопротивление ИП или мощность КЗ на шинах ИП; если эти данные отсутствуют, необходимо знать отключающую мощность выключателя ИП;

– расстояние от ИП до промышленного предприятия;

– напряжение на сборных шинах ИП;

– мощности которые могут быть получены от ИП (электростанции, энергосистемы) при проектировании электроснабжения данного предприятия;

8. Значения реактивных мощностей, которые могут быть переданы из энергосистемы в сеть промышленного предприятия в режиме ее наибольшей и наименьшей активной нагрузки.

9. Электрические нагрузки по цехам предприятия в виде установленной мощности. Для цеха, электроснабжение которого надо разработать подробно - паспортные данные отдельных приемников электроэнергии (ЭП) цеха ( $P_{\text{НОМ}}$ ,  $\cos \varphi$ ,  $\eta$ ,  $U_{\text{НОМ}}$ ), для ЭП с повторно-кратковременным режимом работы, дополнительно - ПВ %).

10. Графики активных и реактивных нагрузок промышленного предприятия в целом и отдельных его цехов за характерные летние и зимние сутки.

11. Перспективы роста электрических нагрузок отдельных цехов и предприятия в целом (за счет реконструкции, ввода новых мощностей и т.д.).

12. Дополнительные сведения о помещении, если подробно рассматривается освещение данного цеха: разрез освещаемого помещения с указанием размеров световых проемов и характера окружающей поверхности стен, потолка, рабочей поверхности или пола (например, побеленный потолок, бетонные стены с окнами и т.п.).

13. При выполнении проектов по реконструкции систем электроснабжения промышленных предприятий дополнительно к указанным выше материалам необходимо иметь существующую схему электроснабжения предприятия, типы установленного силового оборудования, марки и сечения проводов, жил кабелей, токопроводов.

Объем исходных данных определяется темой проекта - разрабатывается система электроснабжения цеха или предприятия малой мощности. В первом случае необходимы исходные данные по п. 1-7. Во втором случае принимают исходные данные п. 1-13 и уточняют их в зависимости от объема рассматриваемых задач в проекте.

Исходные данные для проектирования приводятся руководителем в задании, утвержденном кафедрой.

Для облегчения проектирования в **ПРИЛОЖЕНИИ А** дан краткий перечень вопросов и указания по сбору материалов для выполнения проекта по системе электроснабжения промышленного предприятия, характеристика технологического процесса производства и источник электроснабжения которого являются исходными данными для проектирования системы электроэнергетики выбранного объекта.

### **2.3 Задание на выпускную квалификационную работу**

В задании на проектирование ВКР входят следующие элементы:

- 1) тема проекта ВКР;
- 2) исходные материалы, необходимые для выполнения проекта;
- 3) перечень вопросов, подлежащих разработке при проектировании;
- 4) содержание графической части (число и наименование необходимых чертежей);
- 5) перечень рекомендуемой для выполнения проекта литературы.

Задание на проектирование обычно имеет комплексный характер. Оно состоит из нескольких частей, каждая из которых является естественным продолжением предыдущей. В зависимости от специализации задаются различные темы квалификационных проектов.

В задании на проектирование системы электроснабжения, указываются следующие основные данные:

- 1) электрические нагрузки цехов предприятия;
- 2) источники электроснабжения промышленного предприятия;
- 3) электрические параметры энергосистемы и ее удаленность от предприятия (для расчета токов КЗ и выбора аппаратов);
- 4) исходные данные по генеральному плану предприятия;
- 5) исходные данные по планировке цеха (корпуса), для которого намечается разработка силовой и осветительной сети.

Задание на проектирование составляется руководителем проекта и содержит название темы, развернутое ее содержание (основные разделы; вопросы, подлежащие проработке и т.д.), количество и содержание чертежей.

Форма листа задания для ВКР бакалавра приведена в **ПРИЛОЖЕНИИ Б**.

#### **2.4 Объем выпускной квалификационной работы**

Рекомендуемый объем бакалаврской работы составляет 40-70 страниц пояснительной записки (не включая приложения) и 3-5 листов графической части (в соответствии с рассматриваемой темой). Записка обязательно оформляется в виде электронного формата doc, а также печатного документа

на листах белой бумаги формата А4 (210-297 мм). Графическая часть работы выполняется в электронном (формат jpg) и бумажном виде на листах формата А1. Электронные варианты пояснительной записки и чертежей должны быть записаны на USB-флеш-накопитель.

Для доклада на заседании ГЭК предоставляется презентация работы, выполненная в среде «Microsoft Office PowerPoint» (8–10 демонстрационных слайдов).

## **2.5 Работа над выпускной квалификационной работой**

Студент составляет календарный график разработки и оформления выпускной квалификационной работы с указанием этапов, очередности их выполнения и план (содержание) бакалаврской работы.

Согласованные и утвержденные руководителем цель, задачи и план выпускной квалификационной работы не могут быть изменены студентом в одностороннем порядке, а только по согласованию с руководителем. После одобрения научным руководителем и утверждения заведующим кафедрой студент оформляет бланк индивидуального задания (бланки выдаются в учебной части или на сайте института). Бланк индивидуального задания должен иметь следующие подписи: дипломника, научного руководителя и заведующего кафедрой.

Научный руководитель выпускной квалификационной работы может привлекать специалистов в качестве консультантов по некоторым разделам задания.

Структура бакалаврской работы должна включать следующие разделы:

- титульный лист (**ПРИЛОЖЕНИЕ В**);
- индивидуальное задание на ВКР (**Приложение Б**);
- содержание;
- аннотацию;

- введение;
- основной раздел;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (если имеются);
- графическую часть работы.

По указанию научного руководителя дипломник должен изучить принятые методики расчетов, новые литературные источники по рассматриваемым в работе вопросам, стандарты и инструкции на изготовление и эксплуатацию оборудования, результаты научных исследований по теме выпускной квалификационной работы и другие материалы, способствующие качественному выполнению задания. Научный руководитель работы оказывает помощь студенту в поиске и изучении указанных материалов. Студент обязан систематически докладывать научному руководителю результаты своей работы, и может получать от него консультацию по ходу разработки задания.

Ход выполнения выпускной квалификационной работы контролируется руководителем выпускной квалификационной работы и учебной частью. Студент в период работы над выпускной квалификационной работой может быть вызван в учебную часть или на кафедру для отчета.

После окончания оформления выпускной квалификационной работы составляется **отзыв** научного руководителя. (Приложение 4)

В отзыве научного руководителя оценивается:

- актуальность темы, соответствие содержания работы поставленной цели и задачам, полнота и качество разработки темы;
- ценность выводов, целесообразность и обоснованность практических предложений;
- уровень сформированности общекультурных, профессиональных

компетенций и профессиональных компетенций профиля, включая степень самостоятельности, личного творчества, инициативы студента, умения работать с литературой, анализировать, обобщать, делать научные и практические выводы;

– логика, грамотность написания текста, культура выполнения работы, правильность оформления ВКР, соблюдение календарного графика выполнения бакалаврской работы, имеющиеся недостатки.

Научный руководитель в отзыве отмечает также практическую и теоретическую ценность выпускной квалификационной работы, возможность использования результатов в промышленности и в учебном процессе, дает оценку работы и определяет возможность присвоения студенту квалификации бакалавра.

Выпускные квалификационные работы бакалавров рецензированию не подлежат. ВКР проверяется на антиплагиат в интернете по соответствующей программе.

## **2.6 Защита выпускной квалификационной работы**

К защите ВКР готовится доклад и иллюстративный материал (это могут быть плакаты, презентация, выполненная в Power Point, и раздаточный материал).

На защите выпускник должен показать свою квалификацию при решении технических задач по специальности: сформулировать поставленную задачу, обосновать выбор используемых методов и средств, показать умение их применять.

Студенту на защиту отводится около 20 минут. Из них около 5 минут (за 5 минут – одна страница) на доклад.

В своем выступлении выпускник должен отразить:

1) содержание работы и объективную необходимость ее проведения;

- 2) цель и задачи, поставленные в начале работы;
- 3) объект и предмет проектирования или исследования;
- 4) методику и нормативы, примененные при выполнении работы;
- 5) полученные практические, технические и сопутствующие решения;
- 6) выводы и заключение.

В выступлении должны быть четко обозначены результаты, полученные в ходе работы, отмечена теоретическая и (или) практическая ценность полученных результатов



# **3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

## **3.1 План построения и содержание разделов пояснительной записки**

Текстовой частью ВКР является расчетно-пояснительная записка. В тексте записки излагается кратко методика расчета, дается обоснование принятым решениям, приводятся необходимые для расчетов формулы и схемы. Результаты расчетов представляются в табличной форме, а пояснения к ним выполняются на конкретном примере.

Расчетно-пояснительная записка к ВКР включает в себя: титульный лист, задание с исходными данными на проектирование, оглавление, введение, основное содержание, выводы, список использованных источников, приложения (не обязательно).

Титульный лист и бланк задания на проектирование оформляются в соответствии с разработанными УМУ университета формами.

Оглавление состоит из названия разделов и подразделов записки с указанием их расположения по страницам.

Введение раскрывает сущность решаемых задач, актуальность и их значение для промышленности.

Основное содержание работы излагается в разделах проекта. Рекомендуется в ВКР выполнять детальную разработку системы электроснабжения промышленного объекта. Приводятся исходные условия и требования, описывается последовательность и методика решения вопросов, дается анализ выполненных расчетов и сравниваемых результатов.

При проектировании системы электроснабжения, трансформаторной подстанции и электрооборудования целесообразно рассмотреть следующие основные вопросы:

1. Особенности технологического процесса производства данного предприятия, технические характеристики силовых и осветительных приемников электроэнергии и их влияние на качество электроэнергии, характеристика окружающей среды производственных помещений.

2. Выбор системы электроснабжения: выбор источников питания электроэнергией и режимов работы нейтралей сети, категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения, выбор напряжений, выбор схемы электроснабжения.

3. Расчет системы электроснабжения: определение расчетных электрических нагрузок; выбор и расчет числа и мощности силовых трансформаторов; выбор трансформаторной подстанции и места ее расположения; выбор конструктивного выполнения электрических сетей; выбор и расчет сечений и защиты проводов, кабелей и шинпроводов; выбор электрических сетей по потере напряжения и экономической плотности тока; расчет токов КЗ в электроустановках; компенсация реактивной мощности и качество электроэнергии; расчет электроосвещения.

4. Выбор и проверка основного электрооборудования электрических сетей.

5. Выбор и расчет заземляющих проводников и устройств заземления.

6. Расчёт и исследование переходных процессов в системе электроснабжения объекта.

7. Рекомендации по технике безопасности.

Однако, в каждом конкретном случае объем и содержание ВКР определяет руководитель в зависимости от глубины проработки отдельных вопросов.

В заключении (выводах) формулируются основные результаты, полученные в ходе выполнения проекта.

Список литературы приводится в конце расчетно-пояснительной

записки строго по установленной форме.

Приложения включают математические выводы, громоздкие расчеты, программы, распечатки ПЭВМ, таблицы вспомогательных цифровых данных, иллюстрации вспомогательного характера и др.

### **3.2 Методические указания по выполнению основных разделов ВКР**

В пункте «Выбор источников питания электроэнергией и режимов работы нейтралей» указывают необходимые для покрытия промышленных электрических нагрузок источники питания, к которым при построении рациональных систем электроснабжения предъявляют определенные технико-экономические требования. Так, они должны обладать достаточной мощностью и надежностью обеспечивать требуемое качество отпускаемой электроэнергии (стабильность частоты и напряжения, синусоидальность напряжения, симметрию трехфазной системы напряжения т.п.), иметь для сбережения энергоресурсов высокий КПД преобразования энергии и производить энергию с малой себестоимостью. Важными могут оказаться также быстрое включение источников в работу, степень автоматизации, малая потребность в эксплуатационном персонале, отсутствие вредных воздействий на окружающую среду и т.п.

Выбор режима работы нейтрали трансформаторов и источников электроэнергии определяется надежностью и экономичностью работы электроустановок, безопасностью их обслуживания и зависит от работы сети при наиболее частых авариях – однофазных замыканиях на землю.

В пункте «Характеристика приемников электроэнергии» указывается вид промышленной установки или технологического комплекса, их назначение, род электрического тока, частота, напряжение, диапазон мощностей, регулирование производительности, характер нагрузки,

коэффициент мощности.

Номинальная частота вращения электродвигателей определяется ГОСТ 10683-73 и находится в пределах от 100 до 22000 об/мин.

При построении схемы электроснабжения промышленного предприятия приходится считаться с наличием на предприятии потребителей постоянного тока и токов высокой частоты и, следовательно, предусматривать специальные преобразовательные установки для питания этих потребителей и обслуживания отдельных установок или их групп. При незначительном числе и небольшой мощности отдельных потребителей постоянного тока или токов высокой частоты, а также при их разбросанности по территории цехов у каждого из этих потребителей устанавливают индивидуальные преобразовательные агрегаты. Их устанавливают у мощных электроприводов, управление которыми производится по специальным схемам. При достаточно большом числе и большой суммарной мощности потребителей предусматриваются централизованные преобразовательные подстанции со статическими полупроводниковыми выпрямителями или двигатель-генераторами. В системе электроснабжения предприятия эти преобразователи являются потребителями переменного тока.

В пункте «Категории электроприемников и обеспечение электроснабжения» надежность электропитания в основном зависит от принятой схемы электроснабжения, степени резервирования отдельных элементов системы электроснабжения (линий, трансформаторов, электрических аппаратов и др.), выбирается в соответствии с ПУЭ категория по обеспечению надежности электроснабжения выбора схемы и системы электрической сети необходимо учитывать мощность и число потребителей, уровень надежности не потребителей в целом, а входящих в их состав

электроприемников.

В пункте «Выбор напряжений» выбирают номинальные напряжения для питания промышленных электроустановок. Номинальные напряжения электроприемников определяются по ГОСТ 721-77.

В трехфазных сетях предприятий в настоящее время чаще всего встречается напряжение 380 В. основной причиной широкого распространения этого напряжения является возможность применение его для питания силовых приемников малой и средней мощности, а в случае четырехпроводной системы 200/380 В – для электрического освещения. В чисто осветительных сетях или сетях с небольшой силовой нагрузкой может оказаться целесообразным напряжение 220 В, в силовых сетях с крупными приемниками и протяженными линиями - напряжение 660 В, а для питания ручного электроинструмента, местного освещения и т.д., когда для обеспечения электробезопасности более высокое напряжение неприемлемо – напряжение 36 В или меньше. Для питания крупных цеховых приемников могут применяться напряжения 6-10 кВ. выбор напряжения производят на основании технико-экономических расчетов с учетом всех влияющих факторов.

В пункте «Выбор схемы электроснабжения» выбирают схему распределительной сети промышленной установки или цеха. Схемы электрических сетей должны обеспечивать надежность питания потребителей, быть удобными в эксплуатации. При этом затраты на сооружение линии, расходы полупроводникового материала должны быть минимальными.

На практике для электроснабжения цеховых ЭП радиальные или магистральные схемы редко встречаются в чистом виде. Наибольшее распространение имеют смешанные (комбинированные) схемы, сочетающие в себе элементы радиальных и магистральных схем и пригодные для любой

категории электроснабжения. Такие схемы применяются в прокатных и мартеновских цехах металлургической промышленности, в кузнечных, котельных и механосборочных цехах, на обогатительных фабриках и т.п.

В разделе «Расчет системы электроснабжения» определяются расчетные электрические нагрузки, выбирается число и мощность силовых трансформаторов подстанции, сечение проводов, кабелей и шин цеховых сетей, выбираются аппараты защиты от токов короткого замыкания и перегрузок, приводится расчет сетей по потере напряжения, мощности и электроэнергии, токам короткого замыкания..

При определении расчетных электрических нагрузок можно пользоваться основными методами: методом коэффициента расчетной активной мощности; удельного потребления электроэнергии на единицу продукции; коэффициента спроса; удельной плотности электрической нагрузки на 1 и 2 производственной площади.

В настоящее время основным методом расчета электрических нагрузок промышленных предприятий, применяемым при проектировании, является метод коэффициента расчетной активной мощности, рекомендованный в указаниях по определению электрических нагрузок промышленных предприятий (РТМ 36.18.32.0.1.-89) [13].

Длительно допустимые токи нагрузки проводов, кабелей и шин указаны в таблицах ПУЭ, составленных для температур окружающего воздуха +25 °С, почвы +15 °С, и приведены в приложениях.

Выбор сечения проводника по нагреву длительным током нагрузки сводится к сравнению расчетного тока с допустимым табличным значением для принятых марок провода или кабеля и условий их прокладки.

По нагреву длительным током нагрузки проверяются все проводники электрических сетей в нормальном и послеаварийном режимах.

Выбор сечения проводника только по нагреву допустимым током

приводит к большим потерям активной мощности на нагрев и к значительной потере напряжения. Поэтому для окончательного выбора сечения следует провести все расчеты, требуемые ПУЭ: по потере напряжения или мощности, по экономической плотности тока. Принять надо наибольшее, определенное этими расчетами сечение проводника.

Выбранные сечения проводников проверяют по стойкости при КЗ и при необходимости по обеспечению требуемого уровня тока однофазного КЗ в сети НН, нужного для надежного срабатывания защиты в случае замыкания на корпус электрооборудования.

Согласно ПУЭ сети защищают от токов КЗ и перегрузок. Защита сетей от токов КЗ должна быть предусмотрена во всех случаях.

Согласно ПУЭ от перегрузок необходимо защищать силовые и осветительные сети, выполнение внутри помещений открыто положенными изолированными незащищенными проводниками с горючей изоляцией; силовые сети, когда по условиям технологического процесса или режима их работы могут возникнуть длительные перегрузки; сети взрывоопасных помещений или взрывоопасных наружных установок независимо от условий технологического процесса или режима работы сети.

При проектировании СЭС установка однотрансформаторных подстанций рекомендуется при наличии резервирования ЭП I и II категории по сетям НН и для питания ЭП III категории, когда по условиям подъездных дорог, а также по мощности и массе возможна замена поврежденного трансформатора в течение не более одних суток при наличии централизованного резерва.

Двухтрансформаторные подстанции применяются при значительном числе потребителей I и II категорий, при сосредоточенных нагрузках на данном участке с высокой удельной плотностью ( $0,5 - 0,7 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2$ ), а также если имеются ЭП особой группы.

Число и мощность трансформаторов выбираются: по графику нагрузок потребителей и расчетным значениям средней и максимальной мощностей; по технико-экономическим показателям отдельных вариантов системы электроснабжения; по условиям обеспечения режима работы СЭ с минимумом потерь электроэнергии при заданном графике нагрузки.

В разделе «Выбор основного электрооборудования электрических сетей» производится выбор электрооборудования внутрицеховых сетей. Кроме шинпроводов в качестве основного электрооборудования для внутрицеховых сетей напряжением до 1 кВ применяются: панели распределительные, силовые распределительные шкафы, распределительные пункты, ящики с рубильниками и предохранителями, ящики с блоками выключатель-предохранитель, щитки освещения, плавкие предохранители, магнитные пускатели, контакторы, автоматические выключатели и др.

В разделе «Выбор заземляющих проводников и устройств заземления» выполняется расчет защитного заземления, гарантирующего безопасное обслуживание электроустановок, выбор заземляющих проводников и устройств заземления.

ПУЭ регламентируют следующие значения сопротивлений защитных заземляющих устройств:

- в ЭУ свыше 1 кВ с большими токами замыкания на землю  $R_z$  равно или меньше 0,5 Ом;
- в ЭУ выше 1 кВ с малыми токами замыкания на землю  $R_z$  равно или меньше  $250/I_z$ , но не более 10 Ом ( $I_z$  – ток ОКЗ, ток замыкания на землю);
- в ЭУ до 1 кВ  $R_z$  равно или меньше  $125/I_z$ , но не более 2, 4 и 8 Ом при напряжении трехфазного тока 660, 380 и 220 В соответственно (для установок с суммарной мощностью генераторов и трансформаторов до 100 кВ·А – не более 10 Ом).

В разделе «Расчёт и исследование переходных процессов в системе



электроснабжения объекта» составляется схема замещения системы электроснабжения объекта и определяются параметры переходных процессов системы электроснабжения при нормальных и аварийных режимах её работы. Для расчёта и исследования переходных процессов в системе электроснабжения объектов могут быть использованы расчетные компьютерные программы: «MATHLAB 6.5», «MATHLAB 7.0».

### **3.3 Оформление пояснительной записки (текстовой части) ВКР**

Выпускная квалификационная работа должна быть представлена в мягком переплете, оформлена на одной стороне листа бумаги формата А4. Допускается представлять таблицы и иллюстрации на листах формата А3.

Рекомендуемый объем бакалаврской работы - от 40 до 70 страниц печатного текста без приложений.

Правила оформления ВКР предусматривают единый порядок использования и размещения текста работы, а также приложений, применение стандартного формата бумаги, наличие иллюстративного материала (таблиц, рисунков и т. д.)

Материалы рукописи ВКР следует оформлять по правилам, которые установлены для научно-технической документации, научных статей и отчетов. Они введены несколькими статьями ГОСТа и системой СИБИБД - стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу:

- ГОСТ 2.105-95 Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам;

- ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. *Отчет о научно-исследовательской работе*. Структура и правила оформления;

- ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. *Библиографическое описание*. Общие требования и правила составления;

- ГОСТ 7.0.5-2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. *Библиографическая ссылка*. Общие требования и правила составления.

Правила разработки и оформления всей конструкторской документации изложены в комплексе государственных стандартов, образующих ЕСКД. Эти стандарты должны использоваться при оформлении ВКР, а также методические указания по оформлению технической документации в курсовых проектах.

Расчётно-пояснительная записка к проекту должна быть написана грамотно, с правильным применением технических терминов, определений и буквенных обозначений физических и математических величин. Расчёты, приводимые в записке, должны быть выполнены в системе единиц СИ.

В тексте пояснительной записки должны содержаться все необходимые схемы, рисунки и таблицы, расположенные по ходу текста.

Пояснительная записка должна иметь нумерацию страниц, включая таблицы, рисунки и приложения. Номер страницы проставляется арабскими цифрами в центре нижней части листа без точки. На титульном листе номер страницы не проставляется, нумерация начинается со второй страницы.

Общие требования к оформлению пояснительной записки ВКР приведены в приложении Г.

### **3.4 Оформление графической части ВКР**

Графическая часть ВКР представляет материал, выносимый на защиту работы в качестве иллюстраций к докладу студента. Содержание графической части согласовывается с руководителем и консультантами ВКР.

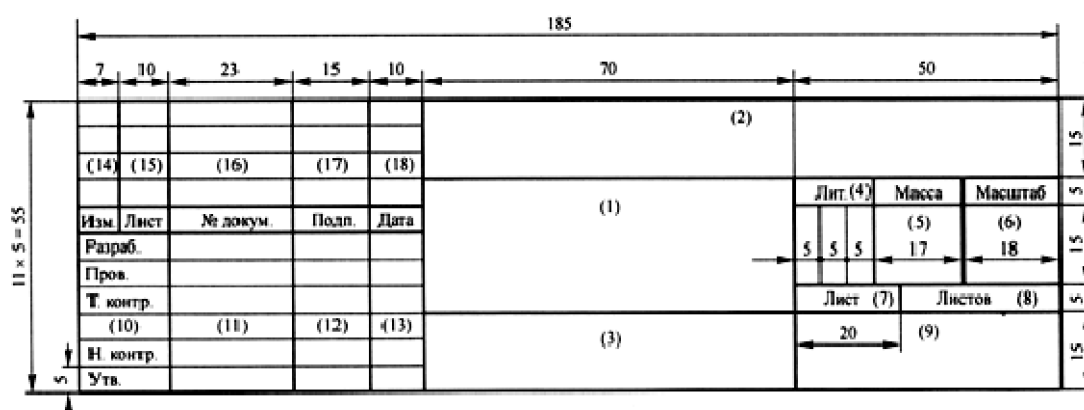
Перечень графического материала приводится в задании к ВКР.

Графический материал выполняется в электронном виде на листах формата А1. Затем, уменьшенные копии листов распечатываются на листах формата А4 или А3. Содержание этих копий должно быть визуально различимым. Штамп каждого листа должен быть изображен в масштабе 1:1 и расположен либо на лицевой, либо на обратной стороне копий А4 или А3 по усмотрению руководителя ВКР. Совокупность копий оформляется в виде последнего приложения к ВКР.

Графическая часть ВКР должна иллюстрировать текст и раскрывать содержание расчётно-пояснительной записки. Графическая часть работы, содержит не менее 3-6 чертежей формата А1.

Чертежи и схемы выполняются в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД). Каждый лист должен иметь внутреннюю рамку и штамп, выполненный согласно ГОСТ 2.104 – 68 (рисунок 3.1).

Штамп располагается в правом нижнем углу листа записки, форма и размеры штампа приведены на рисунке 3.2. Расстояние рамки от края листа: слева – 20 мм, сверху, внизу и справа – 5 мм.



**Рисунок 3.1** – Форма основной надписи для чертежей

Форма основной надписи называется стандартной и применяется для:

– чертежей (рисунок 3.1);

– первого листа текстового документа (рисунок 3.2);

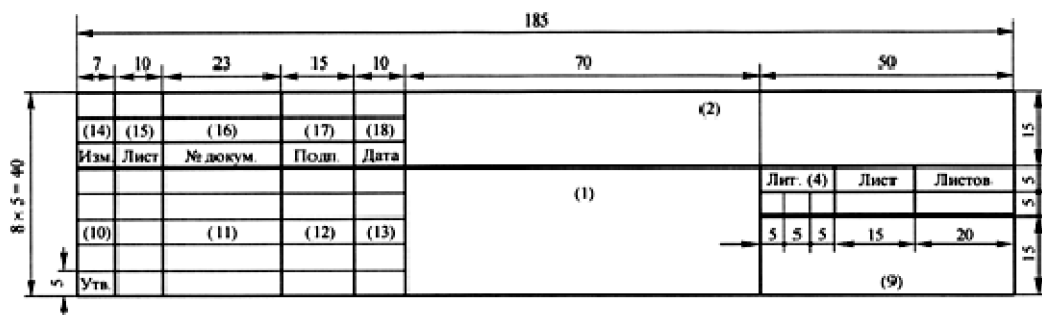


Рисунок 3.2 – Форма первого листа текста

– последующих листов текстового документа (рисунок 3.3).

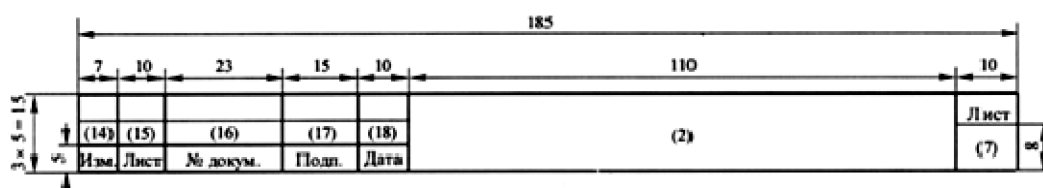


Рисунок 3.3 – Форма листов текста

В графах основной надписи (номера граф на рисунках 3.1 – 3.3 показаны в скобках) указывают:

В графах основной надписи и дополнительных графах указывают:

- в графе 1 – наименование изделия по ГОСТ 2.109-93, а также наименование документа, если этому документу присвоен шифр;
- в графе 2 – обозначение документа;
- в графе 3 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);
- в графе 4 – литеру, присвоенную данному документу по ГОСТ 2.103-68;
- в графе 5 – массу изделия по ГОСТ 2.109-73;
- в графе 6 – масштаб проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302-68 и ГОСТ 2.109-93;
- в графе 7 – порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

- в графе 8 – общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе);
- в графе 9 – наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ;
- в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ;
- в графе 11 – фамилии лиц, подписавших документ;
- в графе 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11. Подписи лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль, являются обязательными. При отсутствии титульного листа допускается подпись лица, утвердившего документ, размещать на свободном поле первого или заглавного листа документа в порядке, установленном для титульных листов по ГОСТ 2.105-95;
- в графе 13 – дату подписания документа;
- в графах – 14-18 – графы таблицы изменений, которые заполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-90.

Графический материал проекта представляется на бумаге стандартного формата. При этом необходимо стремиться к равномерному заполнению листа и его наглядности.

Каждый лист конструкторской документации должен сопровождаться основной надписью согласно требованиям ГОСТ 2.104-68.

При выполнении электрических схем используют условные графические обозначения, приведённые в ГОСТ 2.721-74 – 2.748-68, ГОСТ 2.750-68, 2.755-74. Позиционное обозначение в схемах выполняют согласно ГОСТ 2.710-81 (СТ СЭВ 2182-80).

Электрическая схема должна содержать позиционное обозначение каждого элемента с указанием его номинальных величин.

Законченная ВКР (расчётно-пояснительная записка и чертежи)

подвергаются нормоконтролю, в ходе которого устанавливают отклонения в представленных материалах от норм и требований, приведённых в стандартах. Нормоконтроль ВКР выполняет руководитель или ответственный за стандартизацию по кафедре.

Если представленная на рассмотрение ВКР не соответствует изложенным выше требованиям, то она возвращается на доработку.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Листы

1 Кудрин Б.И. Электроснабжение: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Б.И. Кудрин. – М: Изд. центр «Академия». 2012. – 2-е изд., перераб. и доп. – 352 с. (Сер. Бакалавриат).

2 Конюхова Е.А. Электроснабжение. Учебник для вузов. М.: Изд. дом «МЭИ», 2014. 512 с.

3 Степанов В.М., Косырихин В.С. Проектирование систем электроснабжения объектов: Учеб. пособие для вузов, Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. – 368 с.: ил.

4. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – 3-е изд., перераб. – М.: КНОРУС, 2012. – 649 с. – (Для бакалавров).

5 Алиев И.И. Электротехнический справочник. М.: Изд. «Радиософт», 2014. – 384 с.

6 Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. Справочник. М: Изд. «Инфра – М, 2006. – 480 с.

5. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС). ОАО «ФСК ЕЭС». 2009. 96 с.

6. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35 – 750 кВ. Типовые решения. ОАО «ФСК ЕЭС». 2007. 132 с.

7. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание седьмое. Минэнерго России, 2002, 50 с.

8. Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98. РАО ЕЭС России. М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2002. 302 с.

9. Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4-92. ВНИПИ Тяжпромэлектропроект. 1993. 19 с.

10. Файбисович Д.А. Справочник по электрическим сетям 35 – 1150 кВ. ОАО «Энергесетьпроект».М, 2004, 109 с.



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Примеры содержания заданий ВКР

**Требования к заданиям на выполнение ВКР.** Тема квалификационной работы определяется перед или во время преддипломной практики студентов. Перед началом преддипломной практики кафедра распределяет всех студентов по руководителям ВКР. Студенту предоставляется право предложить свою тему или выбрать одну из рекомендованных ему тем.

Руководитель ВКР должен, не позднее чем, за две недели до окончания преддипломной практики выдать студенту полное задание на выпускную работу с указанием окончательной темы, исходных данных, разделов пояснительной записки, перечня графических материалов и сроков представления готовой работы на кафедру.

Темы ВКР, руководитель и срок завершения проекта утверждаются приказом ректора университета, а задание на ВКР – заведующим кафедрой.

Кафедра, в первую очередь, рекомендует студентам темы ВКР, предложенные предприятиями, проектными организациями и научно–исследовательскими институтами.

Ниже приведены основные рекомендуемые темы выпускных квалификационных работ для профиля «Электроснабжение»:

- 1) электроснабжение завода;
- 2) реконструкция системы электроснабжения завода;
- 3) электроснабжение цеха или корпуса;
- 4) электрооборудование или реконструкция районной подстанции;
- 5) разработка схем электрических сетей районов энергосистемы;
- 6) научно–исследовательские темы.

**Содержание задания ВКР «Электроснабжение завода».** Задание должно быть связано с заводом конкретной отрасли промышленности (металлургической, машиностроительной, химической, строительной и т.д.).

В качестве исходных данных для рассматриваемой ВКР служат: генплан предприятия с наименованием цехов; расчетные полные мощности цехов на напряжении 0,4 кВ и их  $\cos\phi$ ; характеристика потребителей напряжением выше 1000 В; характеристика источников питания завода.

В ВКР должны быть решены следующие вопросы:

- 1) описать технологию производства заданного промышленного предприятия и определить степень бесперебойности потребителей в цехах;
- 2) выбрать количество и мощность цеховых трансформаторов;
- 3) провести расчет компенсации реактивной мощности в сети 0,4 кВ и уточнить мощность цеховых трансформаторов;
- 4) провести расчет компенсации реактивной мощности в сети 0,4 кВ и уточнить мощность цеховых трансформаторов;
- 5) провести расчет компенсации реактивной мощности в сети 0,4 кВ и уточнить мощность цеховых трансформаторов;
- 6) определить расчетные нагрузки в целом по заводу;
- 7) построить картограмму нагрузок завода; определить место расположения ГПП, РП и цеховых трансформаторных подстанций; выбрать количество и мощность трансформаторов на ГПП;
- 8) выбрать схему электроснабжения завода до шин 0,4 кВ цеховых трансформаторов с технико-экономическим обоснованием;
- 9) провести расчет компенсации реактивной мощности в целом по заводу и уточнить мощность трансформаторов на ГПП;
- 10) наметить точки короткого замыкания и провести расчет токов короткого замыкания;
- 11) провести выбор оборудования на ГПП и РП;

- 12) провести выбор сечения сетей напряжением выше 1000 В и способа их прокладки;
- 13) провести расчет показателей качества электроэнергии;
- 14) выбрать виды релейной защиты для всех элементов схемы электроснабжения и провести расчет релейной защиты для одного из элементов (по заданию руководителя);
- 15) выбрать виды учета и измерения расходов электроэнергии;
- 16) моделирование переходных процессов;
- 17) разработать мероприятия по энергосбережению;
- 18) экономический раздел проекта;
- 19) основные показатели проекта;
- 20) составить список использованных источников.

В графической части выпускной работы должны быть выполнены следующие чертежи:

- 1) генплан завода с картограммой нагрузок и нанесением подстанций и кабельных сетей;
- 2) однолинейная схема электроснабжения завода;
- 3) план и разрез ГПП;
- 4) схема релейной защиты одного элемента системы электроснабжения;
- 5) экономический чертеж;
- 6) мероприятия по энергосбережению и основные показатели проекта.
- 7) осциллограммы переходных процессов.

**Содержание задания ВКР «Реконструкция системы электроснабжения завода».** Данная тема связана с действующими промышленными предприятиями. Исходными данными для рассматриваемого задания служат: генплан существующего предприятия с

нанесением подстанций и электрических сетей; существующая однолинейная схема электроснабжения; данные по электрическим нагрузкам действующего предприятия до и после его реконструкции. Эти данные выпускник получает во время преддипломной практики.

В этой ВКР должны быть решены следующие вопросы:

- 1) составление и описание структурной схемы технологического процесса;
- 2) описание существующей схемы электроснабжения и её недостатки;
- 3) расчет электрических нагрузок цехов и предприятия в целом;
- 4) уточнение мощности цеховых трансформаторов и трансформаторов ГПП;
- 5) расчет компенсации реактивной мощности;
- 6) выбор новой схемы электроснабжения с технико-экономическим обоснованием;
- 7) наметить точки короткого замыкания и провести расчет токов короткого замыкания;
- 8) провести проверку существующего и выбор нового оборудования на ГПП и РП;
- 9) провести проверку и выбор сечений сетей напряжением выше 1000 В и способа их прокладки;
- 10) провести расчет показателей качества электроэнергии;
- 11) выбрать виды релейной защиты для всех элементов схемы электроснабжения и провести расчет релейной защиты для одного из элементов схемы (по заданию руководителя);
- 12) проанализировать существующие на предприятии системы учета электроэнергии и дать рекомендации по их совершенствованию;

- 13) разработать мероприятия по энергосбережению;
- 14) моделирование переходных процессов;
- 15) экономический раздел проекта;
- 16) основные показатели проекта;
- 17) составить список использованных источников.

В графической части работы должны быть выполнены следующие чертежи:

- 1) генплан завода с картограммой нагрузок и нанесением подстанций и кабельных сетей;
- 2) существующая однолинейная схема электроснабжения;
- 3) предполагаемая однолинейная схема электроснабжения;
- 4) план и разрез ГПП;
- 5) мероприятия по энергосбережению и основные показатели проекта;
- 6) экономический чертеж.
- 7) осциллограммы переходных процессов.

**Содержание задания работы «Электроснабжение цеха или корпуса».** Данная тема также связана с действующими промышленными предприятиями. Исходными данными для рассматриваемой ВКР являются: генплан цеха с нанесением оборудования; данные электроприемников; данные потребителей электроэнергии; данные об источниках питания электрической энергией. Эти данные выпускник получает во время преддипломной практики.

В данной работе должны быть решены следующие вопросы:

- 1) составление и описание структурной схемы технологического процесса;
- 2) анализ существующих схем электроснабжения;
- 3) расчет электрических нагрузок;

4) выбор питающих и распределительных электрических сетей и трансформаторных подстанций;

5) расчет годовых расходов электрической энергии;

6) составить однолинейную схему электроснабжения цеха;

7) выбрать защитные аппараты и построить карту селективности;

8) рассчитать показатели качества электроэнергии;

9) провести расчет системы заземления и зануления;

10) выполнить светотехнический и электротехнический расчеты освещения, выбрать типы светильников, тип и сечение осветительной сети и нарисовать план системы освещения;

11) разработать мероприятия по энергосбережению в технологических процессах;

12) разработать мероприятия по энергосбережению в общецеховых нуждах (освещение, вентиляция, отопление, горячее водоснабжение, сжатый воздух и т.д.);

13) моделирование переходных процессов;

14) экономический раздел проекта;

15) основные показатели проекта;

16) составить список использованных источников.

В графической части данной выпускной работы должны быть выполнены следующие чертежи:

1) структурная технологическая схема цеха (корпуса);

2) однолинейная схема электроснабжения цеха (корпуса);

3) план цеха с нанесением электроприемников и электрических сетей;

4) мероприятия по энергосбережению и основные показатели проекта;

5) экономический чертеж;

б) осциллограммы переходных процессов.

**Содержание задания на выполнение ВКР по теме «Электрооборудование районной подстанции».** Данная тема может быть связана с реальными понизительными подстанциями, где работают или проходят практику дипломники, так и с вновь проектируемыми подстанциями.

Исходными данными для рассматриваемой работы служат: параметры источника питания (напряжение, расстояние, ток или мощность короткого замыкания); параметры потребителей электроэнергии (максимальная нагрузка, коэффициент мощности, напряжение, категория бесперебойности питания).

Эти данные студент получает или во время преддипломной практики или у руководителя проекта.

В данной выпускной работе должны быть решены следующие вопросы:

- 1) произвести расчет электрических нагрузок;
- 2) выбрать количество и мощность трансформаторов;
- 3) провести расчет токов короткого замыкания;
- 4) выбрать оборудование подстанции;
- 5) выбрать оперативный ток и автоматику;
- 6) определить показатели надежности схемы подстанции;
- 7) расчёт наружного освещения подстанции и помещений ОПУ;
- 8) провести расчет заземления подстанции;
- 9) провести расчет молниезащиты подстанции;
- 10) рассчитать и выбрать релейную защиту;
- 11) выбрать систему учета расходов электрической энергии;
- 12) моделирование переходных процессов;
- 13) экономический раздел проекта;
- 14) основные показатели проекта;

15) составить список использованных источников.

В графической части дипломного проекта должны быть выполнены следующие чертежи:

- 1) план и разрез подстанции;
- 2) однолинейная схема;
- 3) схема релейной защиты трансформатора;
- 4) план и разрез РУ 6 или 10 кВ;
- 5) план молниезащиты подстанции;
- 6) план заземления подстанции;
- 7) осциллограммы переходных процессов;
- 6) чертеж по экономике.

**Содержание задания квалификационной работы «Реконструкция понизительной подстанции».** Данная тема обычно связана с реальными понизительными подстанциями, где работают или проходят практику дипломники.

Исходными данными для рассматриваемой дипломной работы служат: данные оборудования существующей подстанции; параметры источника питания (напряжение, расстояние, ток или мощность короткого замыкания); параметры потребителей энергии до реконструкции и после реконструкции (максимальная нагрузка, коэффициент мощности, напряжение, категория бесперебойности питания).

Эти данные выпускник получает во время преддипломной практики.

В данной ВКР должны быть решены следующие вопросы:

- 1) описана существующая схема подстанции и её недостатки;
- 2) произвести расчет электрических нагрузок;
- 3) выбрать количество и мощность трансформаторов;
- 4) провести расчет токов короткого замыкания;
- 5) выбрать оборудование подстанции;



- 6) выбрать оперативный ток и автоматику;
- 7) расчёт освещения;
- 8) провести расчет заземления подстанции;
- 9) провести расчет молниезащиты подстанции;
- 10) рассчитать и выбрать релейную защиту;
- 11) выбрать систему учета расходов электрической энергии;
- 12) моделирование переходных процессов.
- 13) экономический раздел проекта;
- 14) основные показатели проекта;
- 15) составить список использованных источников.

В графической части ВКР должны быть выполнены следующие чертежи:

- 1) однолинейная схема существующей подстанции;
- 2) однолинейная схема предлагаемой подстанции;
- 3) план и разрез подстанции;
- 4) схема релейной защиты трансформатора;
- 5) план и разрез РУ 6 или 10 кВ;
- 6) схема освещения;
- 7) экономический чертеж.
- 8) осциллограммы переходных процессов.

**Содержание задания проекта «Разработка схемы электросетевого района».** Исходными данными для данного дипломного проекта являются: схематический план сетевого района; данные о потребителях электроэнергии; данные об источниках питания. Исходные данные дипломник получает или в процессе преддипломной практики или у руководителя проекта.

В данном дипломном проекте должны быть решены следующие вопросы:

- 1) расчет электрических нагрузок сетевого района;
- 2) расчет компенсации реактивной мощности узла нагрузок;
- 3) уточненный расчет нагрузок сетевого района с учетом компенсации;
- 4) разработка вариантов схемы электрической сети;
- 5) оценочный расчет потоков мощности в элементах ЛЭП;
- 6) предварительный выбор напряжения электрической сети;
- 7) выбор и проверка проводников высоковольтных линий;
- 8) выбор типа и мощности трансформаторов на подстанции;
- 9) выбор режима нейтрали электрической сети;
- 10) выбор главных схем распределительных устройств подстанции;
- 11) оценка годового расхода электроэнергии на её транспорт;
- 12) выбор оптимальной схемы района на основе технико-экономического сравнения вариантов;
- 13) формирование уточненной модели электросетевого района;
- 14) решение нелинейной задачи;
- 15) выбор релейной защиты для одной из подстанций;
- 16) моделирование переходных процессов;
- 17) вопросы «Охрана труда и окружающей среды»;
- 18) вопросы экономики;
- 19) основные показатели проекта;
- 20) составить список использованных источников.

В графической части работы должны быть выполнены следующие чертежи:

- 1) варианты схем электрической сети с основными показателями технико-экономического сравнения;
- 2) принципиальная схема выбранного варианта электрической сети района, с потокораспределением и уровнями напряжения;

- 3) план и разрезы одной из подстанций;
- 4) схема релейной защиты трансформатора подстанции;
- 5) экономический чертеж;
- 6) основные показатели проекта.
- 7) осциллограммы переходных процессов.

**Содержание заданий проектов научно-исследовательского характера.**

Данные проекты выполняются или в рамках НИР кафедры или по заданиям предприятий и организаций. Все ВКР этого характера должны соответствовать направлению подготовки бакалавров по профилю «Электроснабжение» направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Исходные данные для выполнения данных ВКР выдаются или руководителем или предприятием, для которого выполняется данная НИР.

В ВКР должны быть решены следующие проблемы:

- 1) постановка задачи исследования;
- 2) теоретические разработки;
- 3) экспериментальные материалы;
- 4) предложения по внедрению;
- 5) экономический раздел;
- 6) охрана труда и окружающей среды»;
- 7) список использованных источников.
- 8) моделирование переходных процессов.

В графической части дипломного проекта должны быть выполнены следующие чертежи:

- 1) основные формулы теоретической части – 2 листа;
- 2) результаты экспериментальных исследований – 2 листа;
- 3) экономический чертеж;

- 4) основные технико-экономические показатели проекта.
- 5) осциллограммы переходных процессов.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**Форма листа задания для ВКР**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева

Кафедра «Электроэнергетика»

УТВЕРЖДАЮ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ**  
**на выпускную квалификационную работу бакалавра**

Студенту \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_

1. Тема работы утверждена приказом по университету  
от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

2. Срок представления работы к защите «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

3. Исходные данные

4. Содержание ВКР (пояснительной записки и графической части)

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, инициалы)

Задание получил \_\_\_\_\_

(подпись студента)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**Форма титульного листа для ВКР**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева

Кафедра «Электроэнергетика»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Направление \_\_\_\_\_  
(код)

\_\_\_\_\_  
(наименование)

\_\_\_\_\_  
(тема)

Студент группы \_\_\_\_\_ (подпись, дата) \_\_\_\_\_ (фамилия, инициалы)

Руководитель проекта \_\_\_\_\_ (подпись, дата) \_\_\_\_\_ (фамилия, инициалы)

Консультанты \_\_\_\_\_ (подпись, дата) \_\_\_\_\_ (фамилия, инициалы)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись, дата) \_\_\_\_\_ (фамилия, инициалы)

Тула, 20\_\_\_\_ г.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

### **Требования к оформлению пояснительной записки**

Нумерация страниц записки должна быть сквозная. Первая страница (титульный лист) не нумеруется, но считается первым. Следующий лист (задание) не нумеруется и не считается. Лист - Содержание - нумеруется как второй и на нем должен быть большой штамп с названием курсового проекта (ВКР), подписями руководителя и исполнителя.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы). Раздел должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Нумерация пунктов должна быть в пределах раздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта (см. пример).

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки следует печатать с прописной буквы, без точки в конце, не подчеркивая. Расстояние между заголовком и текстом должно быть 2-3 интервала (примерно 15 мм), расстояние между заголовками раздела и подраздела 1,5-2 интервала (примерно 8 мм).

В тексте не допускается: применять обороты разговорной речи; применять сокращения слов без их расшифровки; применять индексы стандартов без регистрационного номера. В тексте записки, за исключением формул и таблиц, не допускается применять знаки: - , = , < , > , а нужно писать: минус, равно, меньше, больше. Следует применять стандартизованные единицы физических величин (по системе СИ). Числовые значения величин с обозначением единиц физических величин следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц - от единицы до девяти –

словами, например: провести испытания пяти труб, каждая длиной 5 м.

Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то её указывают только в конце, например: 1,5; 1,75; 2,0 м;... от 1 до 5 мм;... от плюс 10 до минус 40°С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить на разные строки или страницы, например: усилие 30 Н).

В конце текстового документа следует приводить список литературы, которая была использована. Список оформляется по ГОСТ 7, 32, по алфавиту или по порядку появления литературы в записке. Ссылки на литературу в тексте следует записывать с указанием страницы, например: [35, с. 138].

Если в проекте принята специфическая терминология, то в конце его (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

## **ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ**

### **2 ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

#### **2.1 Анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации электрооборудования в механическом цехе**

При эксплуатации электрооборудования в механическом цехе имеют место следующие опасные факторы: поражение электрическим током; термические ожоги; падение человека с высоты; возникновение пожаров и взрывов.

Причинами поражения электрическим током человека, могут быть: прикосновение к оголенным токоведущим частям; появление напряжения на нетоковедущих частях оборудования. ...

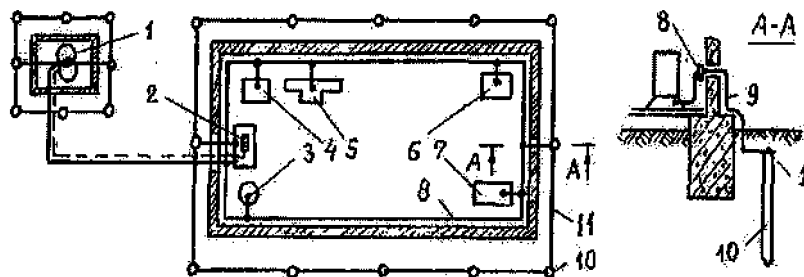


## 2.2 Проектирование заземляющего устройства

Расчет основных параметров заземляющего устройства проводим по формулам и данным, приведенным в справочнике [80].

2.2.1 Исходными данными для расчета являются ...

Расположение трансформаторной подстанции и электрооборудования в цехе показано на рисунке 2.1.



1 - трансформатор; 2...7 - электрооборудование; 8 - контур заземления (зануления), расположенный внутри здания; 9 - заземляющий проводник;

10 - заземлители (трубы), вертикально забитые в землю;

II - полоса, соединяющая заземлители (горизонтальный заземлитель)

**Рисунок 2.1** - Схема заземления нулевой точки трансформатора и зануления (заземления) электрооборудования

2.2.2 Выбираем нормативное значение сопротивления заземления  $R_{\text{норм}}$  в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [67, с. 72]. При линейном напряжении 380 В сопротивление  $R_{\text{норм}}=4$  Ом.

2.2.3 Определяем сопротивление растеканию тока одиночного искусственного заземлителя. Для трубы, заглубленной вертикально в землю, формула имеет вид [80, с. 27]:

$$R_{\zeta} = \frac{\rho_{\zeta} \cdot \psi_{\zeta}}{2\pi \cdot L_{\zeta}} \left( \ln \frac{2L_{\zeta}}{d_{\zeta}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t_{\zeta} + L_{\zeta}}{4t_{\zeta} - L_{\zeta}} \right), \quad (2.1)$$

где  $R_{\zeta}$  – сопротивление растеканию тока вертикального заземлителя (трубы), Ом;

$\rho_{\zeta}$  – приближенное значение удельного сопротивления грунта, Ом·м;

$\psi_{\zeta}$  – коэффициент сезонности;  $L_{\zeta}$  - длина вертикального заземлителя (трубы), м;

$d_{\zeta}$  – наружный диаметр заземлителя (трубы), м;  $t_{\zeta}$  – глубина заложения заземлителя (трубы), м.

Удельное электрическое сопротивление для различных грунтов приведено в таблице 2.1. Для супеска  $\rho_{\zeta} = 300$  Ом·м.

2.2.5 Подставив данные параметров в формулу (2.1) получим значение сопротивления растеканию тока для одной трубы

$$R_{\zeta} = \frac{300 \cdot 1,35}{2\pi \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right) = 110,5 \text{ Ом.}$$

Таблица 2.1- Приближенные (средние) значения удельных электрических сопротивлений различных грунтов  $\rho_{i\delta}$ , Ом·м

Грунт	Возможные пределы колебаний	При влажности 10 -20% к массе грунта
1 Песок	400 - 700	700
2 Супесок	150 - 400	300
3 Суглинок	40 - 150	100
4 Глина	8 - 70	40

В формулах пояснения символов и числовых коэффициентов, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки и в той последовательности, в которой символы приведены в формуле.

Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него (см. пример).

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале строки повторяют.

Формулы, рисунки и таблицы могут нумероваться сквозной нумерацией: (1), (2) ... Рисунок 1 -, Рисунок 2 -, Таблица 1 -, Таблица 2 - ..., или (что более удобно) в пределах раздела, например для первого раздела: (1.1), (1.2), (1.3) и т. д.; для третьего раздела (3.1), (3.2), (3.3) ...см. пример.

Не допускается нумерация в пределах подраздела, например: во втором подразделе третьего раздела начинать нумерацию сначала (3.2.1).

Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД.

Слово «Рисунок» и наименование (подрисуночный текст) помещают после пояснительных данных и располагают, как показано в примере. В конце заголовка рисунка и перечня обозначений точки не ставят.

В тексте следует писать слово полностью, например : на рисунке 2.3...

В тексте, до появления рисунка или таблицы, следует давать на неё ссылку, например: в таблице 6.1 приведены значения сопротивлений изоляции. Рисунок или таблицу помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице.

Название таблицы должно отражать её содержание, быть кратким. Название следует помещать над таблицей. Допускается помещать таблицу вдоль длиной стороны листа записки.

При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы, а на следующих - только номер, например: Продолжение таблицы 6.1.

Заголовки граф и строк таблиц следует писать с прописной буквы. В конце заголовков таблиц точки не ставят.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк должна быть не менее 8 мм.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается, при необходимости нумерации порядковые номера следует указывать в первой графе (см. пример).

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, её делят на части, при этом в каждой части таблицы повторяют её головку и боковик. При делении таблицы на части допускается её головку и боковик заменять соответственно номером граф и строк.