

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ

Директор/Декан
института механики и энергетики
Мастепаненко Максим Алексеевич

«__» _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.07 Проектирование систем электрификации и автоматизации
технологических процессов**

35.03.06 Агроинженерия

Электрооборудование и электротехнологии

бакалавр

очная

1. Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов» является дать теоретическую базу для изучения вопросов проектирования сельскохозяйственного производства.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| ПК-1 Способен выполнять отчет о выполненном обследовании объекта автоматизации | ПК-1.1 Проведение работ по обзору и анализу технической документации объекта автоматизации | знает алгоритмы проведения работ по обзору и анализу технической документации объекта автоматизации умеет проводить работы по обзору и анализу технической документации объекта автоматизации владеет навыками методами проведения работ по обзору и анализу технической документации объекта автоматизации |
| ПК-1 Способен выполнять отчет о выполненном обследовании объекта автоматизации | ПК-1.2 Проведение анализа данных обследования объекта автоматизации | знает методы анализа данных обследования объекта автоматизации умеет использовать методы анализа данных обследования объекта автоматизации владеет навыками навыками анализа данных обследования объекта автоматизации |
| ПК-1 Способен выполнять отчет о выполненном обследовании объекта автоматизации | ПК-1.3 Создание типовой формы отчета об объекте автоматизации | знает методику создания типовой формы отчета об объекте автоматизации умеет применять типовые формы отчета об объекте автоматизации владеет навыками методами создания типовой формы отчета об объекте автоматизации |

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов» является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений программы.

Изучение дисциплины осуществляется в 7 семестре(-ах).

Для освоения дисциплины «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов» студенты используют знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин:

Технологическая практика

| | | | | | | | | | | |
|------|---|----|-----|----|--|----|----|------|--------------|----------------|
| 2.1. | Требования по оформлению ВКР | 7 | 2 | 2 | | | 9 | КТ 2 | Устный опрос | ПК-1.3 |
| 3. | 3 раздел. Проектирование автоматизации технологических процессов | | | | | | | | | |
| 3.1. | Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения | 7 | 16 | 4 | | 12 | 9 | КТ 3 | Устный опрос | ПК-1.2, ПК-1.3 |
| 3.2. | Проектирование систем сельского электроснабжения | 7 | 16 | 4 | | 12 | 7 | КТ 3 | Устный опрос | ПК-1.2, ПК-1.3 |
| 3.3. | Проектирование энергосберегающих систем отопления и освещения сельскохозяйственных объектов | 7 | 16 | 4 | | 12 | 11 | КТ 3 | Устный опрос | ПК-1.2, ПК-1.3 |
| | Промежуточная аттестация | Эк | | | | | | | | |
| | Итого | | 144 | 18 | | 36 | 54 | | | |
| | Итого | | 144 | 18 | | 36 | 54 | | | |

5.1. Лекционный курс с указанием видов интерактивной формы проведения занятий

| Тема лекции (и/или наименование раздел) (вид интерактивной формы проведения занятий)/ (практическая подготовка) | Содержание темы (и/или раздела) | Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка |
|---|---|---|
| Термины и определения в проектах электрификации | Термины и определения в проектах электрификации | 2/- |
| Нормативная основа для формирования проекта автоматизации | Нормативная основа для формирования проекта автоматизации | 2/- |
| Требования по оформлению ВКР | Требования по оформлению ВКР | 2/2 |
| Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения | Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения | 4/2 |
| Проектирование систем сельского электроснабжения | Проектирование систем сельского электроснабжения | 4/2 |
| Проектирование энергосберегающих систем отопления и освещения сельскохозяйственных объектов | Проектирование энергосберегающих систем отопления и освещения сельскохозяйственных объектов | 4/- |
| Итого | | 18 |

5.2.2. Лабораторные занятия с указанием видов проведения занятий в интерактивной форме

| Наименование раздела дисциплины | Формы проведения и темы занятий (вид интерактивной формы проведения занятий)/(практическая подготовка) | Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка | |
|---------------------------------|--|---|------|
| | | вид | часы |
| | | | |

| | | | |
|---|---|------|---|
| Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения | Проектирование электропривода технологической установки | лаб. | 4 |
| Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения | Разработка монтажной схемы электрооборудования. | лаб. | 4 |
| Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения | Моделирование магнитных систем линейных электродвигателей ручного электрифицированного инструмента | лаб. | 4 |
| Проектирование систем сельского электроснабжения | Определение места расположения трансформаторных подстанций, центра электрических нагрузок и выбор конфигурации сети | лаб. | 4 |
| Проектирование систем сельского электроснабжения | Проектирование внутренней электропроводки зданий и сооружений | лаб. | 4 |
| Проектирование систем сельского электроснабжения | Системы автоматизированного проектирования распределительных сетей 0,38-35 кВ. | лаб. | 4 |
| Проектирование энергосберегающих систем отопления и освещения сельскохозяйственных объектов | Системы автоматизированного проектирования систем освещения. | лаб. | 4 |
| Проектирование энергосберегающих систем отопления и освещения сельскохозяйственных объектов | Светотехнический расчет зданий и сооружений | лаб. | 4 |
| Проектирование энергосберегающих систем отопления и освещения сельскохозяйственных объектов | Проектирование экономичных систем обогрева и вентиляции помещений | лаб. | 4 |

5.3. Курсовой проект (работа) учебным планом предусмотрен

5.4. Самостоятельная работа обучающегося

| Темы и/или виды самостоятельной работы | Часы |
|---|------|
| Термины и определения в проектах электрификации | 10 |

| | |
|---|---|
| Нормативная основа для формирования проекта автоматизации | 8 |
| Термины и определения в проектах электрификации | 9 |
| Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения | 3 |
| Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения | 3 |
| Разработка монтажной схемы электрооборудования. | 3 |
| Определение места расположения трансформаторных подстанций, центра электрических нагрузок и выбор конфигурации сети | 2 |
| Определение места расположения трансформаторных подстанций, центра электрических нагрузок и выбор конфигурации сети | 2 |
| Системы автоматизированного проектирования распределительных сетей 0,38-35 кВ. | 2 |
| Системы автоматизированного проектирования распределительных сетей 0,38-35 кВ. | 1 |
| Системы автоматизированного проектирования систем освещения. | 3 |

| | |
|---|---|
| Светотехнический расчет зданий и сооружений | 3 |
| Проектирование экономичных систем обогрева и вентиляции помещений | 5 |

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов» размещено в электронной информационно-образовательной среде Университета и доступно для обучающегося через его личный кабинет на сайте Университета. Учебно-методическое обеспечение включает:

1. Рабочую программу дисциплины «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов».

2. Методические рекомендации для организации самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов».

3. Методические рекомендации по выполнению письменных работ () (при наличии).

4. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы студентами заочной формы обучения (при наличии)

5. Методические указания по выполнению курсовой работы (проекта) (при наличии).

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

| № п/п | Темы для самостоятельного изучения | Рекомендуемые источники информации (№ источника) | | |
|-------|---|---|--------------------------------|-----------------------------|
| | | основная (из п.8 РПД) | дополнительная (из п.8 РПД) | метод. лит. (из п.8 РПД) |
| 1 | Термины и определения в проектах электрификации. Термины и определения в проектах электрификации | Л1.1 | Л2.1 | Л3.1 |
| 2 | Нормативная основа для формирования проекта автоматизации. Нормативная основа для формирования проекта автоматизации | Л1.1 | Л2.1 | Л3.1 |
| 3 | Требования по оформлению ВКР. Термины и определения в проектах электрификации | Л1.1 | Л2.1 | Л3.1 |
| 4 | Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения. Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения | Л1.1 | Л2.1 | Л3.1 |
| 5 | Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения. Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения | Л1.1 | Л2.1 | Л3.1 |
| 6 | Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения. Разработка монтажной схемы электрооборудования. | Л1.1 | Л2.1 | Л3.1 |
| 7 | Проектирование систем сельского электроснабжения. Определение места расположения трансформаторных подстанций, центра электрических нагрузок и выбор конфигурации сети | Л1.1 | Л2.1 | Л3.1 |
| 8 | Проектирование систем сельского | Л1.1 | Л2.1 | Л3.1 |

| Индикатор компетенции (код и содержание) | Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| обследования объекта автоматизации | Ознакомительная практика (в том числе получение первичных навыков научно-исследовательской работы) | | x | | | | | | |
| | Преддипломная практика | | | | | | | | x |
| | Проектирование встраиваемых систем на микроконтроллерах | | | | | | | x | |
| | Технологическая практика | | | | x | | | | |
| | Эксплуатационная практика | | | | | | x | | |
| ПК-1.3:Создание типовой формы отчета об объекте автоматизации | Научно-исследовательская работа | | | | | | | | x |
| | Ознакомительная практика (в том числе получение первичных навыков научно-исследовательской работы) | | x | | | | | | |
| | Преддипломная практика | | | | | | | | x |
| | Проектирование встраиваемых систем на микроконтроллерах | | | | | | | x | |
| | Технологическая практика | | | | x | | | | |
| | Эксплуатационная практика | | | | | | x | | |
| | | | | | | | | | |

7.2. Критерии и шкалы оценивания уровня усвоения индикатора компетенций, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций по дисциплине «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов» проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль проводится в течение семестра с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а также для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов» проводится в виде Экзамен, Курсовая работа.

За знания, умения и навыки, приобретенные студентами в период их обучения, выставляются оценки «ЗАЧТЕНО», «НЕ ЗАЧТЕНО». (или «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» для дифференцированного зачета/экзамена)

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки качества освоения образовательной программы. Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся. Рейтинговая оценка знаний является интегрированным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине.

Состав балльно-рейтинговой оценки студентов очной формы обучения

Для студентов очной формы обучения знания по осваиваемым компетенциям формируются на лекционных и практических занятиях, а также в процессе самостоятельной подготовки.

В соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки, принятой в Университете студентам начисляются баллы по следующим видам работ:

| № контрольной точки | Оценочное средство результатов индикаторов достижения компетенций | | Максимальное количество баллов |
|---|---|--------------------------------|--|
| 7 семестр | | | |
| КТ 1 | Устный опрос | | 10 |
| КТ 2 | Устный опрос | | 10 |
| КТ 3 | Устный опрос | | 10 |
| Сумма баллов по итогам текущего контроля | | | 30 |
| Посещение лекционных занятий | | | 20 |
| Посещение практических/лабораторных занятий | | | 20 |
| Результативность работы на практических/лабораторных занятиях | | | 30 |
| Итого | | | 100 |
| № контрольной точки | Оценочное средство результатов индикаторов достижений компетенций | Максимальное количество баллов | Критерии оценки знаний студентов |
| 7 семестр | | | |
| КТ 1 | Устный опрос | 10 | <p>10 баллов - полное понимание и четкость изложения ответов по устному опросу.</p> <p>8 баллов - заслуживает студент, ответивший полностью с допущением ошибок на устные вопросы.</p> <p>6 баллов - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ.</p> <p>4 балла дан частично правильный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях.</p> <p>2 балл дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях.</p> <p>0 баллов - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.</p> |

| | | | |
|------|--------------|----|--|
| КТ 2 | Устный опрос | 10 | <p>10 баллов - полное понимание и четкость изложения ответов по устному опросу.</p> <p>8 баллов - заслуживает студент, ответивший полностью с допущением ошибок на устные вопросы.</p> <p>6 баллов - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ.</p> <p>4 балла дан частично правильный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях.</p> <p>2 балл дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях.</p> <p>0 баллов - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.</p> |
| КТ 3 | Устный опрос | 10 | <p>10 баллов - полное понимание и четкость изложения ответов по устному опросу.</p> <p>8 баллов - заслуживает студент, ответивший полностью с допущением ошибок на устные вопросы.</p> <p>6 баллов - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ.</p> <p>4 балла дан частично правильный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях.</p> <p>2 балл дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях.</p> <p>0 баллов - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.</p> |

Критерии и шкалы оценивания результатов обучения на промежуточной аттестации

При проведении итоговой аттестации «зачет» («дифференцированный зачет», «экзамен») преподавателю с согласия студента разрешается выставлять оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «зачет») по результатам набранных баллов в ходе текущего контроля успеваемости в семестре по выше приведенной шкале.

В случае отказа – студент сдает зачет (дифференцированный зачет, экзамен) по приведенным выше вопросам и заданиям. Итоговая успеваемость (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) не может оцениваться ниже суммы баллов, которую студент набрал по итогам текущей и промежуточной успеваемости.

При сдаче (зачета, дифференцированного зачета, экзамена) к заработанным в течение семестра студентом баллам прибавляются баллы, полученные на (зачете, дифференцированном зачете, экзамене) и сумма баллов переводится в оценку.

Критерии и шкалы оценивания ответа на экзамене

Сдача экзамена может добавить к текущей балльно-рейтинговой оценке студентов не более 20 баллов:

| Содержание билета | Количество баллов |
|-------------------------|-------------------|
| Теоретический вопрос №1 | до 7 |
| Теоретический вопрос №2 | до 7 |
| Задача (оценка умений и | до 6 |
| Итого | 20 |

Критерии оценки ответа на экзамене

Теоретические вопросы (вопрос 1, вопрос 2)

7 баллов выставляется студенту, полностью освоившему материал дисциплины или курса в соответствии с учебной программой, включая вопросы рассматриваемые в рекомендованной программой дополнительной справочно-нормативной и научно-технической литературы, свободно владеющему основными понятиями дисциплины. Требуется полное понимание и четкость изложения ответов по экзаменационному заданию (билету) и дополнительным вопросам, заданных экзаменатором. Дополнительные вопросы, как правило, должны относиться к материалу дисциплины или курса, не отраженному в основном экзаменационном задании (билете) и выявляют полноту знаний студента по дисциплине.

5 балла заслуживает студент, ответивший полностью и без ошибок на вопросы экзаменационного задания и показавший знания основных понятий дисциплины в соответствии с обязательной программой курса и рекомендованной основной литературой.

3 балла дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.

2 балла дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

1 балл дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

0 баллов - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.

Оценивание задачи

6 баллов Задачи решены в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности.

5 баллов Задачи решены с небольшими недочетами.

4 балла Задачи решены с небольшими недочетами.

3 балла Задачи решены не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы.

2 балла Задачи решены не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы.

1 баллов Задачи решены частично, с большим количеством вычислительных ошибок, объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

0 баллов Задачи не решены или работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Перевод рейтинговых баллов в пятибалльную систему оценки знаний обучающихся:
для экзамена:

- «отлично» – от 89 до 100 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному;

- «хорошо» – от 77 до 88 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками;

- «удовлетворительно» – от 65 до 76 баллов – теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки;

- «неудовлетворительно» – от 0 до 64 баллов - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий

7.3. Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов»

Перечень вопросов к устному ответу:

1. Форматы проектных документов (ГОСТ 2.301-68) (31)
2. Масштабы на чертежах (ВСН 381-77) (31)
3. Ведомость применённых типовых проектов (ВСН-381-77) (31)
4. Очередность строительства (реконструкции) с.-х. объектов (31)
5. Шкалы напряжений для потребителей электроэнергии в сельской местности. (31)
6. Этапы проектирования (31)
7. Объем и тематика дипломных проектов (работ) (31)
8. Содержание пояснительной записки дипломных проектов (работ) (31)
9. Оформление пояснительной записки (31)
10. Основные надписи графической части дипломного проекта (работы) (31)
11. Линии на чертежах и схемах (31)
12. Основные требования к чертежам (31)
13. Чертежи для электромонтажа (31)
14. Оформление схем (31)
15. Общие правила выполнения схем (31)
16. Проектно-строительные зоны и категории размещения изделий: (31)
17. Виды сельскохозяйственных помещений (31)
18. Степени защиты электрооборудования (31)

19. Цель процесса проектирования (31)
20. Анализ процесса проектирования (31)
21. Основные этапы проектирования НИР (31)
22. Организация проектирования (31)
23. Основные характеристики рационального электропривода (31)
24. Выбор рода тока и параметров напряжения (31)
25. Выбор рациональной структуры электропривода (31)
26. Краткая характеристика некоторых двигателей, применяемых в сельском хозяйстве (31)
27. Причины выхода электродвигателей из строя и диагностика предаварийных состояний (31)
28. Выбор защиты от перегрева изоляции обмоток (31)
29. Предупреждение увлажнения и химического разрушения изоляции обмоток электродвигателей (31)
30. Выбор мощности электродвигателей. (31)
31. Характеристика сооружений защищенного грунта (31)
32. Общие требования к электрификации и автоматизации защищенного грунта (31)
33. Выбор метода обогрева сооружений защищенного грунта (31)
34. Выбор систем электрического обогрева (31)
35. Выбор системы дополнительного облучения (освещения) растений (31)
36. Предпосылки для оптимизации энергетических затрат на системы обогрева и вентиляции (31)
37. Методика выбора оптимального термического сопротивления ограждения неотапливаемых животноводческих помещений (31)
38. Оценка перспектив применения нетрадиционных источников теплоты в системах отопления сельскохозяйственных помещений (31)
39. Общие требования и методы формирования энергетической службы в хозяйствах (31)
40. Методика определения численного состава электрослужбы в хозяйствах (31)
41. Методика стимулирования электриков (31)
42. Общие сведения по проектированию систем сельского электроснабжения (31)
43. Выбор схем электрических линий и трансформаторных подстанций (31)
44. Обеспечение при проектировании нормативных уровней надежности электроснабжения (31)
45. Проектирование электропроводок в производственных и общественных зданиях (31)
46. Контакты электрические ГОСТ 14312-79 (31)
47. Арматура линейная ГОСТ 17613-80 (31)
48. Энергетика и электрификация ГОСТ 19431-84 (31)
49. Качество электрической энергии ГОСТ 23875-88 (31)
50. Код для обозначения цветов ГОСТ 28763-90 (31)
51. Электротехника ГОСТ Р 52002-2003 (31)

Практико-ориентированные задачи:

Рассчитайте место расположения ТП для потребителей: П1 S=150кВА, x=80м, y=100м; П2 S=140кВА, x=360м, y=120м; П3 S=450кВА, x=110м, y=100м; П4 S=360кВА, x=20м, y=330м; (У1)

Проектируемый объект имеет реактивную мощность потребления 430 квар, и начальный коэффициент мощности 0.7. Определить мощность компенсационного устройства при повышении коэффициента мощности до 0.95 (ТД1)

Определите количество ламп в помещении площадью 120 кв.м. удельная мощность (Руд) 6,5 Вт/м², мощность лампы 100 Вт. (ТД1)

Курсовые работы на тему: Реконструкция систем электрификации коровника на 400 голов. Реконструкция систем электрификации коровника на 200 голов. Реконструкция систем электрификации коровника на 100 голов. Реконструкция систем электрификации коровника на 800 голов. Реконструкция систем электрификации свинарника на 540 голов. Реконструкция систем электрификации свинарника на 400 голов. Реконструкция систем электрификации свинарника на 128 голов. Реконструкция систем электрификации овчарни на 1000 маток. Реконструкция систем электрификации овчарни на 400 голов. Реконструкция систем электрификации овчарни на 200

голов. Реконструкция систем электрификации овчарни на 100 голов. Реконструкция систем электрификации птичника на 15 тыс. кур несушек. Реконструкция систем электрификации кормоцеха свиного комплекса на 1000 голов. Реконструкция систем электрификации кормоцеха телятника на 800 голов. Реконструкция систем электрификации телятника на 800 голов. Реконструкция систем электрификации телятника на 400 голов. Реконструкция систем электрификации телятника на 200 голов. Реконструкция систем электрификации телятника на 100 голов. Реконструкция систем электрификации картофелехранилища на 1000 тонн. Реконструкция систем электрификации картофелехранилища на 3000 тонн. Реконструкция систем электрификации овощехранилища на 3000 тонн. Реконструкция систем электрификации овощехранилища на 1000 тонн. Реконструкция систем электрификации теплицы по выращиванию рассады. Реконструкция систем электрификации зернохранилища. Реконструкция систем электрификации молочного комплекса на 200 голов.

Перечень вопросов к устному ответу:

1. Приведите основные характеристики рационального электропривода (31)
2. Что такое механическая характеристика электропривода (31)
3. Что такое нагрузочная характеристика электропривода (31)
4. Что такое рациональная структура электропривода (31)
5. Приведите средства защиты электродвигателя от коротких замыканий (31)
6. Приведите средства защиты электродвигателя от перегрузки (31)
7. Перечислите основные источники вторичной энергии используемой в сельском хозяйстве (31)
8. При угле наклона остеклений теплиц 30° поступает солнечной радиации летом или зимой (31)
9. В какое время года солнечной радиации поступает в теплицу при угле наклона остеклений теплиц 60° (31)
10. Перечислите методы расчета систем освещения помещений (31)
11. От чего зависит величина коэффициента использования светового потока (31)
12. Приведите единицу измерения освещенности (31)

Практико-ориентированные задачи:

Рассчитайте место расположения ТП для потребителей: П1 $S=200\text{кВА}$, $x=400\text{м}$, $y=350\text{м}$; П2 $S=25\text{кВА}$, $x=100\text{м}$, $y=28\text{м}$; П3 $S=360\text{кВА}$, $x=220\text{м}$, $y=52\text{м}$; П4 $S=15\text{кВА}$, $x=435\text{м}$, $y=17\text{м}$; (У1)

Проектируемый объект имеет реактивную мощность потребления 200 квар, и начальный коэффициент мощности 0.85. Определить мощность компенсационного устройства при повышении коэффициента мощности до 0.98 (ТД1)

1. Поясните, каким должен быть объем выпускной квалификационной работы? (31)
2. Поясните, как должна формироваться тематика выпускной квалификационной работы? (31)
3. Поясните для чего необходимая часть ВКР это специальный вопрос? (31)
4. Привести основные разделы ВКР. (31)
5. Привести перечень ГОСТов которым должна соответствовать текстовая часть ВКР (31)
6. В какой последовательности формируется список литературы? (31)
7. Приведите номер ГОСТа для заполнения основной надписи (31)
8. Приведите номер ГОСТа где регламентируются линии на чертежах и схемах? (31)

Практико-ориентированные задачи:

Определить тип и вид схемы в соответствии с ГОСТом 2.701-76 (У1)

Что такое ЕСКД (ТД1)

1. Общие принципы заполнения основной надписи проектных документов (31)
2. Перечислите типы линий в соответствии с ГОСТом используемых на чертежах и схемах (31)
3. Перечислите виды схем используемых в проектах (31)
4. Перечислите типы схем используемых в проектах (31)
5. Перечислите перечень сопроводительных документов к ВКР (31)

Практико-ориентированные задачи:

Приведите пример специальной части ВКР для овощехранилища (У1)

Перечислите разделы ВКР (ТД1)

1. Поясните, что является основанием для выбора формата проектных документов. (31)
2. Чем отличается электроэнергетика от энергетики? (31)
3. Поясните термин потребитель электрической энергии (31)
4. Пояснить термин качество электрической энергии? (31)
5. Дать необходимые пояснения к масштабированию генеральных планов объекта (31)
6. Какая основная система напряжения в народном хозяйстве РФ? (31)
7. Поясните организационно-финансовый критерий при оценке проекта? (31)
8. Поясните учет существующих резервов инженерных сетей и коммуникаций при оценке проекта? (31)

Практико-ориентированные задачи:

Определить этапы проектирования системы автоматизации уборки навоза (У1)

Приведите номер ГОСТа (действующего) на форматы проектных документов (ТД1)

Перечень вопросов к устному ответу:

1. Термин «Энергетика» (31)
2. Термин «Электроэнергетика» (31)
3. Термин «Энергоснабжение (Электроснабжение)» (31)
4. Термин «Электрификация» (31)
5. Термин «Система электроснабжения» (31)
6. Термин «Линия электропередачи(ЛЭП)» (31)
7. Термин «Электрическая сеть» (31)
8. Термин «Приемник электрической энергии» (31)
9. Термин «Нагрузка энергоустановки» (31)
10. Термин «Мощность электроустановки» (31)
11. Термин «Качество электрической энергии» (31)
12. Термин «Электрический контакт» (31)
13. Термин «Электрический контакт» (31)
14. Термин «Линейная арматура» (31)
15. Термин «Токоведущее соединение» (31)
16. Термин «Нетокковедущее соединение» (31)
17. Термин «Электромагнитное поле» (31)
18. Термин «Электрический ток» (31)
19. Термин «Электродвижущая сила» (31)
20. Термин «Силовая линия электрического (магнитного) поля»
21. Термин «Диэлектрик»
22. Термин «Проводник»
23. Термин «Сверхпроводник»
24. Масштабы для планов трасс линий электропередач
25. Масштабы для генпланов объекта
26. Масштабы систем электрического освещения
27. Масштабы планов зданий
28. Масштабы узлов и деталей электрооборудования
29. Шкала напряжений до 1 кВ переменного тока
30. Шкала напряжений до 1 кВ постоянного тока
31. Шкала напряжений выше 1 кВ переменного тока
32. Этапы проектирования

Практико-ориентированные задачи:

Определить перечень необходимых этапов проектирования для выполнения проектирования автоматизации процесса раздачи кормов (У1)

Разработать монтажную схему управления транспортером кормораздатчика (ТД1)

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

основная

Л1.1 Гурницкий В. Н. Проектирование систем электрификации: учеб. пособие для студентов вузов. - Ставрополь, 2000. - 300 с.

дополнительная

Л2.1 Конюхова Е. А. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий (теория и примеры) [Электронный ресурс]: учеб. пособие ; ВО - Бакалавриат, Магистратура, Специалитет. - Москва: Русайнс, 2024. - 159 с. – Режим доступа: <https://book.ru/book/953077>

б) Методические материалы, разработанные преподавателями кафедры по дисциплине, в соответствии с профилем ОП.

Л3.1 Антонов С. Н. Проектирование систем электрификации: учеб. пособие для выполнения курсового проекта. - Ставрополь: АГРУС, 2015. - 2,03 МБ

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

| № | Наименование ресурса сети «Интернет» | Электронный адрес ресурса |
|---|--------------------------------------|---|
| 1 | ПУЭ-7 | https://amk-electro.ru/media/medialibrary/2016/02/pue_7.pdf |

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

С.Н. Антонов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СИСТЕМ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Учебное пособие
для выполнения лабораторных работ

Ставрополь
«АГРУС»
2024

УДК 621.318.38
ББК

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Электроснабжение и эксплуатация электрооборудования»
ФГБОУ ВПО СтГАУ
В.Н. Шемякин

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Электроснабжение и эксплуатация электрооборудования»
ФГБОУ ВПО СтГАУ
И.К. Шарипов

Антонов, С. Н.

Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов:
Учебное пособие для выполнения лабораторных работ / С. Н. Антонов – Ставрополь: «АГРУС»,
2024 – 172 с.

Изложены положения по проектированию систем электроэнергетики. Рассмотрены вопросы расчета распределительных электрических сетей 0,38-35 кВ. В качестве САПР используется программа «Электро-снабжение 2.2». Приведены примеры проектирования электроснабжения сельскохозяйственных и промышленных объектов.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов очной и заочной формы обучения по направлению 35.03.06 - Агроинженерия.

Рекомендовано к изданию методической комиссией
электроэнергетического факультета ФГБОУ ВПО Ставропольского ГАУ
(протокол №9 от 18.05.2024г.)

ВВЕДЕНИЕ

Общая задача, возникающая при проектировании систем передачи и распределения электроэнергии, заключается в выборе наиболее рациональных технических решений с наилучшими параметрами. При этом приходится решать следующие наиболее характерные задачи:

- выбор конфигурации электрической сети и ее конструктивного исполнения (воздушная, кабельная и т.д.);
- выбор количества линий и числа трансформаторов подстанций;
- выбор номинального напряжения линий;
- выбор материала и площади сечений проводов линий;
- выбор схем подстанций;
- обоснование технических средств обеспечения требуемой надежности электроснабжения потребителей;

- выбор технических средств обеспечения требуемого качества напряжения;
- обоснование средств повышения экономичности функционирования электрической сети;

- выбор средств повышения пропускной способности сети.

При комплексном решении этих вопросов в процессе проектирования необходимо решить ряд задач. Для решения сложных комплексных задач требуется использование вычислительной техники. Использование систем автоматизированного проектирования позволяет более качественно подойти к решению задач проектирования распределительных сетей 0,38; 6; 10; 35 кВ.

В учебном пособии рассмотрены вопросы проектирования электро-снабжения рассредоточенных объектов, описана работа с автоматизированной системой проектирования «Электроснабжение 2.2», разработанной на кафедре «Применение электрической энергии в сельском хозяйстве» Ставропольского ГАУ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ 10/0,4 КВ. ВЫБОР КОНФИГУРАЦИИ СЕТИ 0,38 КВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК»

Цель работы:

- 1) Научиться определять места расположения распределительной подстанции и трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ и выбирать конфигурацию сети высокого напряжения.
- 2) Научиться производить выбор конфигурации сети 0,38 кВ и определять координаты центра электрических нагрузок.

Общие сведения

Энергетическая система – это совокупность электрических станций, электрических и тепловых сетей, соединяемых между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и теплоты при общем управлении этим режимом.

Электроэнергетическая система – это электрическая часть энерго-системы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Система электроснабжения – это совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

Электрическая сеть – это совокупность электрических установок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств воздушных и кабельных линий электропередачи, токопроводов и проводок, работающих на определенной территории.

Приемник электрической энергии – это аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Потребитель электрической энергии – это электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории (юридические и физические лица).

Электроустановка – это совокупность машин, аппаратов, линий, электроприемников, объединенных единой технологией для обеспечения заданной цели.

Электрические сети классифицируют по различным признакам.

По номинальному напряжению

Номинальное напряжение – это базовое напряжение из стандартного ряда напряжений, которое определяет уровень изоляции электрооборудования и сети.

Действительные напряжения в конкретных точках системы электро-снабжения могут отличаться от номинального, при этом они не должны превышать наибольшие рабочие напряжения, которые установлены для продолжительной работы электрооборудования.

Номинальным напряжением у источников и приёмников электро-энергии (генераторов, трансформаторов) называется такое напряжение, на которое они рассчитаны в условиях нормальной

работы. Номинальные напряжения электрических сетей и присоединяемых к ним источников и приёмников электрической энергии устанавливает ГОСТ 23366-78. Согласно этому стандарту напряжения бывают до 1000В и выше 1000В. В соответствии с действующим стандартом, к напряжениям до 1000В относятся -220, 380, 660В и выше 1000В - 3, 6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750, 1150кВ. В свою очередь, сети до 1000В называют сетями низкого напряжения (НН), сети напряжением 3-35кВ среднего (СН), 110-220кВ высоко-го (ВН), 330-750кВ сверхвысокого (СВН) и 1150кВ ультравысокого напряжения (УВН). За номинальное линейное напряжение генераторов и вторичных обмоток понижающих трансформаторов принимается напряжение на 5% выше номинального (0,4кВ, 6,3кВ, 10,5кВ).

Рисунок 1.1 – Ряды номинальных напряжений постоянного и переменного тока ГОСТ 23366-78

По роду электрического тока

Различают электрические сети:

а) переменного тока с промышленной частотой ~50Гц;

б) сети постоянного тока.

Сети переменного тока выполняются в 3-х фазном исполнении. В местах с низкой плотностью нагрузки используются двух- и однофазные ответвления.

Сети постоянного тока используются в промышленных сетях (электролизные установки), в сетях электрифицированного транспорта и др. Электропередачи постоянного тока используются в качестве межсистемных связей, а также как вставки постоянного тока нулевой длины.

По конструктивному исполнению

Воздушными линиями электропередачи (ВЛ) называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам. Различают ВЛ до 1000В и выше 1000В.

Кабельной линией называется линия, предназначенная для передачи электроэнергии при подземной или подводной прокладке, а также в блоках, туннелях, каналах. Силовые кабели любого напряжения состоят из токопроводящих жил, изоляционных и защитных оболочек.

Провода изолированные самонесущие для воздушной подвески предназначены для передачи и распределения электрической энергии в сетях низкого и среднего напряжения.

Токопроводы предназначены для передачи и распределения электро-энергии. Бывают токопроводы жесткие и гибкие. Жесткий токопровод заводского изготовления, поставляемый комплектами секциями, называется шинопроводом (магистральным, распределительным).

Электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями. Бывают наружные, открытые и скрытые проводки.

По назначению и роли в схеме электроснабжения

Системообразующие сети (или питающие сети) осуществляют функции формирования районных энергосистем (110-220кВ), а также их объединение. По этим сетям осуществляется передача электроэнергии к системным подстанциям, которые выполняют роль центров питания (источников питания) распределительных сетей.

Распределительные сети предназначены для питания ряда трансформаторных подстанций или вводов к электроустановкам потребителей. Распределительные сети могут быть выделены в сетях различных номинальных напряжений. В современных условиях сети напряжением 110-220кВ могут рассматриваться и как распределительные.

По структуре и схеме соединений

Здесь могут рассматриваться наиболее простые разомкнутые линии с одной нагрузкой в конце, магистральные линии с несколькими нагрузками, сложно-разветвленные со многими ответвлениями к нагрузкам и одним источником питания.

Разомкнутыми называются сети, которые получают питание от одного источника питания и могут передавать энергию только в одном направлении.

Более надежными являются разомкнутые резервируемые сети. К каждому потребителю, в этом случае, подводятся две линии. В случае выхода из строя одной линии, питание нагрузки может осуществляться по второй, оставшейся в работе линии. К таким же схемам относятся петле-

вые схемы с резервными переключателями. Включение резервной переключателя может осуществляться вручную или автоматически. Надежность таких схем может быть повышена за счет коммутационных аппаратов и автоматики.

Надежными схемами являются замкнутые схемы, в которых потребители могут получать питание, по меньшей мере; с двух сторон. Наиболее простыми замкнутыми сетями являются кольцевые сети и линии с двухсторонним питанием. Замкнутые сети, как правило, являются сложно-замкнутыми с несколькими источниками питания и большим числом замкнутых контуров.

По месту расположения и характеру подключаемых к ним потребителей

Здесь следует различать схемы электроснабжения промышленных предприятий, городов и сельских районов.

Системы электроснабжения промышленных предприятий характеризуются большой плотностью электрических нагрузок, широким диапазоном используемых номинальных напряжений, наличием коротких и мощных сетей напряжений 6-10кВ, большим разнообразием характера электрических нагрузок, использованием кабельных линий и шинопроводов, большой единичной мощностью цеховых- трансформаторных подстанций до 4000кВА.

Системы электроснабжения городов характеризуются средней плотностью электрических нагрузок, сравнительно протяженными кабельными сетями 6- 10кВ, широким диапазоном используемых номинальных напряжений. Городские электрические нагрузки представлены коммунально-бытовой нагрузкой, нагрузкой общественных зданий, электрифицированным транспортом, предприятиями коммунального хозяйства, промышленными предприятиями. Мощность трансформаторов городских ТП напряжением 10/0,4кВ достигает 1000кВА.

Системы электроснабжения сельских районов характеризуются низкой плотностью и рассредоточенностью электрических нагрузок, к которым относятся коммунально-бытовой сектор, животноводческие производственные фермы. В основном используются воздушные линии электропередач большой протяженности и открытые трансформаторные подстанции мощностью до 400кВА.

По режиму нейтрали

Электрические сети по режиму нейтрали делятся на две категории: сети с малым током замыкания на землю и сети с большим током замыкания на землю. К сетям первого рода относятся сети напряжением 6, 10, 35кВ, которые работают с изолированной или компенсированной нейтралью.

Сети с большим током замыкания на землю напряжением 110кВ и выше работают с глухо заземленной нейтралью-трансформаторов. Ток однофазного замыкания на землю в этих сетях по своей величине соизмерим с током трехфазного короткого замыкания.

В сетях напряжением 380/220В нейтраль трансформатора со стороны низкого напряжения заземлена, причем провода рабочего заземления и защитного заземления должны быть разведены.

Кроме того, в сетях напряжением 6, 10, 35кВ находят применение режимы работы нейтрали, заземленные через низкоомные и высокоомные резисторы, а также через активно-индуктивные и рассредоточенные заземлители нейтрали.

Указание по выполнению работы

Потребительские трансформаторные подстанции следует располагать в центре электрических нагрузок. Если нет возможности установить трансформаторную подстанцию в расчетном месте, то ее необходимо установить в том месте, которое максимально приближено к центру электрических нагрузок [9, 10, 20, 21, 22].

Координаты центра электрических нагрузок определяются по формулам:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i x_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (1.1)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i y_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (1.2)$$

где S_i , – расчетная мощность на вводе i -го потребителя, кВА:

x_i, y_i - координаты i -го потребителя.

С учетом выданного преподавателем задания, используя формулы 1.1 и 1.2 определить центры электрических нагрузок и произвести выбор конфигурации сетей высокого напряжения и сетей 0,38 кВ. (пример рис. 1.1, 1.2)

Рисунок 1.2 – Выбор места расположения РТП и конфигурации питающих электрических сетей

Рисунок 1.3 – Выбор места расположения ТПЗ и схемы электро-снабжения потребителей
Содержание отчета:

- 1) Название, цель работы;
- 2) Теоретический материал для выполнения работы;
- 3) Расчет и построение сети высокого напряжения;
- 4) Расчет и построение сетей низкого напряжения;
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы:

- 1) Дайте определение электроэнергетической системы.
- 2) Что является приемником электрической энергии.
- 3) Как определяются координаты центра электрических нагрузок.
- 4) Назовите ряды номинальных напряжений постоянного и переменного тока.
- 5) Дайте классификацию электрических сетей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТА

Цель работы:

1. Выбрать марку, способ прокладки и сечения проводов и кабелей силовой сети.
2. Выбрать аппараты защиты для линий, питающих электрооборудование.
3. Нанести расположение кабелей и проводов на план размещения электрооборудования объекта.

Общие сведения

При выборе способа прокладки кабелей и проводов, а также выборе вида проводки, необходимо руководствоваться приведенными ниже рекомендациями.

Кабельные вводы в здания следует выполнять в трубах на глубине не менее 0,5 м и не более 2 м от поверхности земли. При этом в одну трубу следует затягивать один силовой кабель. Прокладку труб следует выполнять с уклоном в сторону улицы. Концы труб, а также сами трубы при прокладке через стену должны иметь тщательную заделку для исключения возможности проникания в помещения влаги и газа. По подвалу и техническому подполью здания допускается прокладка силовых кабелей напряжением до 1 кВ, питающих электроэнергией другие секции здания.

Внутренние электрические сети должны выполняться кабелями и проводами с медными жилами и не распространяющими горения.

Допускается применение в питающих и распределительных сетях кабелей и проводов с алюминиевыми жилами сечением не менее 16 мм². Питание отдельных электроприемников, относящихся к инженерному оборудованию зданий (насосы, вентиляторы, калориферы, установки кондиционирования воздуха и т.п.), кроме оборудования противопожарных установок, допускается выполнять проводами и кабелями с алюминиевыми жилами сечением не менее 2,5 мм².

При выполнении внутренних электропроводок необходимо руководствоваться следующими положениями:

1. Электроустановки разных организаций, обособленных в административно-хозяйственном отношении, расположенные в одном здании, могут быть присоединены ответвлениями к общей питающей линии или питаться отдельными линиями от ВРУ или ГРЩ.

2. К одной линии разрешается присоединять несколько стояков. На ответвлениях каждому

стояку, питающему квартиры жилых домов, име-ющих более 5 этажей, следует устанавливать аппарат управления, совме-щенный с аппаратом защиты.

3. В жилых зданиях светильники лестничных клеток, вестибюлей, холлов, поэтажных коридоров и других внутридомовых помещений вне квартир должны питаться по самостоятельным линиям от ВРУ или от-дельных групповых щитков, питаемых от ВРУ. Присоединение этих светильников к этажным и квартирным щиткам не допускается.

4. Для лестничных клеток и коридоров, имеющих естественное освещение, рекомендуется предусматривать автоматическое управление электрическим освещением в зависимости от освещенности, создаваемой естественным светом.

5. Питание электроустановок нежилого фонда рекомендуется вы-полнять отдельными линиями.

В помещениях жилых и общественных зданий, как правило, приме-няется скрытая электропроводка. Открытую проводку выполняют в тех-нических этажах и подпольях, в неотапливаемых подвалах, тепловых пунктах, вентиляционных камерах, насосных, в сырых и особо сырых по-мещениях.

Групповые сети в помещениях следует выполнять сменяемыми: скрыто в каналах специальных строительных конструкций, в замоноли-ченных трубах; открыто - в электро-технических плинтусах, кабель-каналах, коробах и т.п.

Вертикальные участки («стояки») питающих линий должны прокла-дываться в трубах, коробах, каналах строительных конструкций.

Применение несменяемой замоноличенной прокладки проводов и кабелей в панелях стен, перегородок и перекрытий, выполненной при их изготовлении или выполненной в монтажных стыках при монтаже зда-ний, не допускается.

В жилых зданиях сечения медных проводников должны соответ-ствовать расчётным значениям, но быть не меньше указанных в табл. 2.1

Таблица 2.1 – Минимальные значения сечения медных проводников

Наименование линий Наименьшее сечение кабелей и проводов с медными жилами, мм²

Линии групповых сетей 1,5

Линии от этажных до квартирных щитков и к расчетному счетчику 2,5

Линии распределительной сети (стояки) для питания квартир 4

Линии, питающие однофазные электриче-ские плиты 6

Во всех зданиях линии групповой сети, прокладываемые от группо-вых, этажных и квартирных щитков до светильников общего освещения, штепсельных розеток и стационарных электроприемников, должны вы-полняться трехпроводными (фазный - L, нулевой рабочий - N и нулевой защитный - РЕ проводники). Не допускается объединение нулевых рабо-чих и нулевых защитных проводников различных групповых линий. Ну-левой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подклю-чать на щитках под общий контактный зажим

Электропроводку в помещениях следует выполнять сменяемой: скрыто - в каналах строительных конструкций, замоноличенных трубах; открыто - в электротехнических плинтусах, коробах и т.п.

В технических этажах, подпольях, неотапливаемых подвалах, черда-ках, вентиляционных камерах, сырых и особо сырых помещениях элек-тропроводку рекомендуется выполнять открыто.

Однофазные двух- и трехпроводные линии, а также трехфазные че-тырех- и пятипроводные линии при питании однофазных нагрузок, долж-ны иметь сечение нулевых рабочих (N) проводников, равное сечению фазных проводников.

Трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании трех-фазных симметричных нагрузок должны иметь сечение нулевых рабочих (N) проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные про-водники имеют сечение до 16 мм" по меди и 25 мм по алюминию, а при больших сечениях - не менее 50 % сечения фазных проводников.

Сечение PEN-проводников должно быть не менее сечения N-проводников и не менее 10 мм² по меди и 16 мм² по алюминию незави-симо от сечения фазных проводников.

Сечение РЕ-проводников должно равняться сечению фазных при се-чении последних до 16 мм², 16 мм² при сечении фазных проводников от 16 до 35 мм² и 50 % сечения фазных проводников при больших сечениях.

Сечение РЕ-проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее 2,5 мм² - при наличии механической защиты и 4 мм² - при ее от-сутствии.

Высота открытой прокладки защищенных проводов и кабелей и проводов, прокладываемых в трубах и коробах, плинтусах и наличниках с каналами для электропроводок, а также спусков к выключателям, розеткам, пусковым аппаратам, щиткам и светильникам, устанавливаемым на стенах, не нормируется.

При скрытой прокладке проводов, как правило, следует применять выключатели и розетки в утопленном исполнении. Не разрешается скрытая установка по одной оси розеток и выключателей в стенах между раз-ными квартирами.

Указание по выполнению работы

Выбор аппаратов защиты

Воздушные автоматические выключатели предназначены для коммутации тока при распределении электроэнергии между отдельными токоприемниками и защиты электроустановок от коротких замыканий и перегрузок.

Автоматические выключатели могут быть также использованы для нечастых оперативных включений и отключений токоприемников и за-пуска электродвигателей.

Для защиты электроприемников и питающих сетей от токов короткого замыкания автоматические выключатели комплектуются макси-мально-токовыми расцепителями, а от токов перегрузки - комбинирован-ными расцепителями, содержащими максимально-токовый и тепловой расцепители.

В некоторые типы автоматических выключателей могут быть встро-ены расцепители минимального напряжения, отключающие автомат при понижении напряжения в сети, а также независимый расцепитель для ди-станциионного отключения.

Автоматические выключатели характеризуются следующими пара-метрами:

- номинальным напряжением $U_{н.а}$, соответствующему наибольшему напряжению сети;
- номинальным током $I_{н.а}$ – наибольшим током, на который рассчита-ны токоведущие и контактные части выключателя, равным наибольшему из токов расцепителя, А;
- номинальным током расцепителя $I_{н.расц}$ ($I_{н.эл}$ – электромагнитного, $I_{н.т}$ – теплового или $I_{н.комб}$ – комбинированного) – наибольшим то-ком, на который рассчитан расцепитель при длительной работе, не вызывающим срабатывания расцепителя, А;
- номинальным током уставки теплового расцепителя $I_{н.уст.т}$ – током, на который отрегулирован тепловой расцепитель и при котором тепловой расцепитель не срабатывает, А;
- током срабатывания (уставки) расцепителя $I_{ср. расц}$ ($I_{ср.эл}$, $I_{ср.т}$) – наименьшим током, при котором срабатывает расцепитель автома-тического выключателя. Рекомендуется выбирать $I_{ср.л} = (3...15)I_{н.эл}$ – для выключателей с электромагнитным или комбинированным;
- предельным током отключения $I_{пред.а}$ – наибольшим значением тока короткого замыкания сети, при котором гарантируется надежное отключение автоматического выключателя, А.

Автоматические выключатели выбирают по следующим условиям:

где $U_{н.а}$, $I_{н.а}$, – номинальные значения напряжения (В) и тока (А) автоматического выключателя;

$I_{н.т}$ – номинальный ток теплового расцепителя, А;

$I_{р.мах}$ – максимальный ток теплового расцепителя, А;

$I_{мах}$ – максимальный ток электродвигателя, А;

$I_{пред.а}$ – предельное значение тока автоматического выключателя, А;

$U_{н.уст}$ и $I_{н.уст}$ – номинальное напряжение (В) и ток (А) электроуста-новки;

$кн.т$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току сра-батывания теплового расцепителя, принимается в пределах 1,1 – 1,3;

$I_{н.эл}$ – ток срабатывания (отсечки) электромагнитного расцепителя, А;

$кн.эл$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току электромагнитного расцепителя и пускового тока электродвигателя (для автоматических выключателей АЕ–2000 и А3700 $кн.эл = 1,25$);

При выборе автоматического выключателя для защиты линии, кото-рая питает несколько

электродвигателей, номинальный ток выключателя, как и номинальный ток расцепителя, должен быть равен сумме номинальных токов одновременно работающих электродвигателей или превышать их значения. Ток отсечки электромагнитного расцепителя в данном случае

где ΣI_n – сумма номинальных токов одновременно работающих электродвигателей, А;

$I_{п.нб} - I_n$ – разность между пусковым и номинальным токами, А.

Выбор магнитных пускателей (контакторов)

Пускатели электромагнитные предназначены для дистанционного пуска, остановки и реверсирования трехфазных АД с короткозамкнутым ротором предназначены для работы на напряжение до 660 В переменного тока. Магнитные пускатели защищают электрические машины, отключая их при снижении напряжения в питающей сети до (0,3...0,4)U_с и предотвращают их самопуск после восстановления напряжения.

При наличии тепловых реле или аппаратов позисторной защиты пускатели защищают управляемые электродвигатели от перегрузок недопустимой продолжительности.

Пускатели выбираются в зависимости от условий окружающей среды, схемы управления и по номинальному напряжению, номинальному току, току нагревательного элемента и теплового реле, напряжению втягивающей катушки:

где $U_{н.п}$ – номинальное напряжение пускателя, В;

$I_{н.п}$ и $I_{рас}$ – соответственно номинальный ток пускателя и расчетный ток управляемой цепи, А;

$I_{н.тр}$ – номинальный ток теплового реле, А.

Количество контактов главных цепей пускателя определяется: назначением (неревверсивный, реверсивный, переключатель со звезды на треугольник); числом замыкающих и размыкающих контактов, вспомогательных цепей (блок контактов); схемой управления; наличием сигнализации, предназначенной отслеживать положение пускателя и управляемого им электроприемника.

В отношении напряжения втягивающей катушки можно руководствоваться следующими положениями, вытекающими из Правил устройства электроустановок. Если нет особых требований, рекомендуемых включать контактор на пониженное напряжение, то для защиты электродвигателя предохранителями намагничивающая катушка должна включаться на линейное напряжение сети, а при защите двигателя автоматическим выключателем она может включаться как на линейное, так и на фазное напряжение.

Выбор магистрали, питающего щита

Расчетный ток магистрали

где α – коэффициент одновременности;

ΣI_n – сумма номинальных токов потребителей, А;

Выбор марки и сечения кабеля

Сечение кабеля выбираем из условия:

где $I_{дл}$ – длительно допустимый ток, А;

I_n – номинальный ток линии, А;

Для тока линии выбираем марку кабеля соответствующего сечения, согласно информации производителя кабельной продукции о длительно допустимом токе.

Содержание отчета:

- 1) Название, цель работы;
- 2) Теоретический материал для выполнения работы;
- 3) Расчет и выбор аппаратуры защиты электрооборудования;
- 4) Выбор марки, способа прокладки и расчет сечения проводов и кабелей силовой сети;
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы:

- 1) По каким параметрам производится расчет и выбор аппаратуры защиты

электрооборудования.

- 2) Как произвести расчет сечения проводов и кабелей силовой сети.
- 3) Какими положениями следует руководствоваться при выполнении внутренних электропроводок.
- 4) В каком случае прокладывается скрытая электропроводка, а в каком открытая.
- 5) Каким должно быть сечение PEN-проводников, PE-проводников. PE-проводников не входящих в состав кабеля.
- 6) Дайте определение автоматического выключателя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

«ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ОТ ИСТОЧНИКА СОИЗМЕРИМОЙ МОЩНОСТИ»

Цель занятия: проверить возможность успешного пуска заданного электродвигателя от сети.

Общие сведения

Выбору типа и мощности электродвигателя должна предшествовать установка требований технологического процесса и рабочей машины к нему. Для этого необходимо знать нагрузочную диаграмму, скорость вращения вала машины и ее скоростной режим, момент трогания, приведенный момент инерции, режим использования машины, последовательность операций управления электроприводом и требования к аппаратуре управления. Большинство из перечисленных показателей для различных рабочих машин сельскохозяйственного назначения представлены в литературе [10, 13, 14, 16, 17, 38, 39].

Нагрузочная диаграмма рабочей машины или установки может быть получена экспериментально или путем расчета. Как выход из положения, может быть принята по аналогии с другими подобными машинами.

Учитывая указанные требования, производится выбор электродвигателя в следующем порядке:

- определяется мощность электродвигателя;
- выбирается род тока и напряжения;
- выбирается тип привода;
- выбирается тип электродвигателя в соответствии с условиями работы;
- производится проверка электродвигателя по условиям нагрева;
- электродвигатель проверяется на устойчивость работы при кратковременных снижениях напряжения;
- составляется принципиальная схема управления и выбирается аппаратура управления.

В зависимости от продолжительности работы, принято подразделять режимы работы электродвигателей на длительные, кратковременные и повторно-кратковременные. Подробный расчет электроприводов различных производственных механизмов приведен в [14].

При выборе типа привода и рода тока для конкретного механизма должны учитываться следующие факторы:

- а) технологические требования в отношении поддержания постоянства или регулирования скорости, величины перегрузочного момента;
- б) влияние рода тока на производительность рабочих машин;
- в) первоначальная стоимость оборудования и, в частности, электрооборудования;
- г) эксплуатационные расходы, частью которых является расход электроэнергии.

Род тока в основном определяется требуемыми пределами регулирования скорости. Принципиально всегда следует стремиться к применению приводов с более дешевыми и более простыми в эксплуатации асинхронными двигателями переменного тока.

В производственных условиях род тока и величина номинального напряжения при выборе электродвигателя обычно определяются общими условиями электроснабжения хозяйства, для которого выбирается электродвигатель. Для сельскохозяйственных потребителей, как правило, применяется переменный ток напряжением 220/380 В с глухозаземленной нейтралью.

В отдельных случаях, а также для экспериментальных установок может быть использован как переменный, так и постоянный токи различных напряжений.

Самым простым, дешевым и надежным в эксплуатации является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, справочные данные которого приведены в литературе [13, 38].

Конструкция его такова, что возможные повреждения минимальны. Поэтому электропривод большинства сельскохозяйственных машин является нерегулируемым и осуществляется с помощью трехфазного асинхронного двигателя переменного тока.

Асинхронные электродвигатели основного исполнения выпускаются с числом оборотов (синхронным) 3000, 1500, 1000, 750 в минуту. Фактическое число оборотов на 2-5% ниже вследствие скольжения. Более быст-роходные двигатели имеют меньший вес и габариты, а следовательно, и стоимость, более высокие к.п.д. и коэффициент мощности по сравнению с теми же показателями тихоходных двигателей.

В случаях, когда по условиям технологического процесса требуется постепенный разгон (например, обкатка двигателей внутреннего сгорания), применяют электродвигатели с фазным ротором.

Надежная работа электродвигателя может быть обеспечена, если его конструкция отвечает условиям окружающей среды. В производственных условиях двигатели приходится защищать от пыли, капель и брызг, сырости, кислотных паров, аммиака, высокой температуры и т.д. Поэтому их обмотки выпускаются с нормальной, влагохлостойкой или химовлаго-морозостойкой изоляцией.

В зависимости от среды, в которой устанавливаются и эксплуатируются электродвигатели, выбирают тип их исполнения.

При выборе электродвигателей по конструктивному исполнению учитывается режим работы электропривода и условия эксплуатации оборудования, под которым следует понимать условия окружающей среды (содержание пыли, коррозионно-активных элементов, взрыво- и пожаро-опасных смесей и т.д.), воздействие климатических факторов.

Таблица 1.1 – Характеристика климатических исполнений электрических машин

Буквенное обозначение Климатическое исполнение для микроклиматического района с климатом

| Русское | Латинское | |
|---------|-----------|--|
| У | N | умеренным |
| УХЛ | NF | умеренным и холодным |
| Т | N | как сухим, так и влажным тропическим |
| М | M | умеренно холодным морским |
| ОМ | MU | как умеренно холодным, так и тропическим морским |

Изделия исполнений У, УХЛ и Т предназначены для эксплуатации на суше, реках и озерах, М и ОМ предназначены для эксплуатации в районах с морским климатом.

В зависимости от места размещения при эксплуатации в воздушной среде на высотах до 4300 метров, электрические машины изготавливают по категориям размещения.

Таблица 1.2 – Категории размещения оборудования

Обозначение

категории Характеристика категории изделия для эксплуатации

1 на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного микроклиматического района)

2 под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, но нет прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков

3 в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры, влажности воздуха, воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе

4 в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями

5 в помещениях с повышенной влажностью

Электрические машины выпускаются в защитных оболочках, обеспечивающих защиту обслуживающего персонала, а так же самой машины от попадания в нее посторонних предметов. Для обозначения степени защиты применяются латинские буквы IP (International Protection) и следу

-ющие за ними две цифры (ГОСТ 14254-80). Первая цифра обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним и от соприкосновения с движущимися частями, расположенными внутри оболочки, а так же степень защиты машины от попадания внутрь нее твердых посторонних тел таблица 1.3.

Таблица 1.3 – Степень защиты электрических машин от попадания твердых тел

| Первая цифра | Степень защиты | Краткое описание | Определение |
|--------------|----------------|---|---|
| 0 | | защита отсутствует | специальная защита отсутствует |
| 1 | | защита от твердых тел размером более 50 мм | защита от проникновения внутрь оболочки большого участка по-верхности тела (например, рука) и проникновения твердых тел размером свыше 50 мм |
| 2 | | защита от твердых тел размером более 12 мм | защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 80 мм от проникновения твердых тел размером свыше 12 мм |
| 3 | | защита от твердых тел размером более 2,5 мм | защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки и т.д. толщиной более 2,5 мм и проникновения твердых тел размером свыше 2,5 мм |
| 4 | | защита от твердых тел размером более 1 мм | защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером свыше 1 мм |
| 5 | | защита от пыли | проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью, однако пыль не может проникать в количестве достаточным для нарушения работы изделия |
| 6 | | пыленепроницаемость | проникновение внутрь оболочки пыли предотвращено полностью |

Вторая цифра обозначает степень защиты от попадания воды таблица 1.4.

Таблица 1.4 – Степень защиты электрических машин от попадания воды

| Вторая цифра | Степень защиты | Краткое описание | Определение |
|--------------|----------------|--|---|
| 0 | | защита отсутствует | специальная защита отсутствует |
| 1 | | защита от капель воды | капли воды, вертикально попадающие на оболочку не должны оказывать вредного воздействия на изделие |
| 2 | | защита от капель воды при наклоне до 15° | капли воды, вертикально попадающие на оболочку при наклоне изделия на любой угол до 15° относительно нормального положения, не должны оказывать вредного воздействия на изделие |
| 3 | | защита от дождя | дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие |
| 4 | | защита от брызг вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие | |
| 5 | | защита от водяных струй | струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие |
| 6 | | защита от волн воды | вода при волнении не должна попасть внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия |
| 7 | | защита при погружении в воду | вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных условиях давления и времени в количестве, достаточном для повреждения изделия |
| 8 | | защита при длительном погружении в воду | изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленном изготовителем |

Электродвигатели, устанавливаемые в помещениях с нормальной средой, как правило, должны иметь исполнение IP20. При установке электродвигателей на открытом воздухе они должны иметь исполнение не ниже IP44. В случае эксплуатации электродвигателей в помещениях, где могут иметь место химически активные пары или газы, возможно оседание на обмотках пыли и других веществ, нарушающих естественное охлаждение, исполнение должно быть не менее IP44 или необходимо предусмотреть исполнение с подводом чистого воздуха. Корпус продуваемого

электродвигателя, воздухопроводы, все сопряжения и стыки должны быть тщательно уплотнены для предотвращения присоса воздуха в системе вентиляции. При продуваемом исполнении электродвигателя рекомендуется предусматривать задвижки для предотвращения всасывания окружающего воздуха при остановке электропривода.

Электродвигатели, устанавливаемые в сырых или особо сырых местах, должны иметь исполнение не менее IP43 и изоляцию, рассчитанную на действие сырости и пыли (со специальной обмазкой, влагостойкую и т.д.).

Соответствие защиты по системе ПУЭ и IP

Открытое – IP 00;

Защищенное – IP 10, 20, 30, 40, 11, 12, 33, 44;

Водозащищенное – IP 55, 56, 65, 66;

Брызгозащищенное – IP 34, 44, 54;

Каплезащищенное – IP01, 11, 21, 31, 41, 51, 12, 22, 32, 42, 13, 23, 33, 43;

Пылезащищенное – IP 50, 51, 54, 55, 56, 65, 66, 67, 68;

Закрытое – IP 44, 54;

Термическое – IP 60, 65, 66, 67, 68;

Взрывозащищенное – IP 55, 56, 57, 58;

Герметическое – IP 65, 66, 67, 68.

Выполнение работы

От ТП 10/0,4 кВ мощностью 240 кВА по ВЛ 0,38 кВ длиной 160 м (провод А50) питается электродвигатель 4А 315 М2 У3, приводящий в движение рабочую машину с максимальной мощностью 35 кВт и частотой вращения 2000 об/мин. Указанный ТП подключен к шинам питающей подстанции через ВЛ 10 кВ протяженностью 6,7 км (провод А50).

Рисунок 1.1 – ТП и электродвигатель соизмеримой мощности

Таблица 1.5 – Технические данные двигателей серии 4А, исполнение по степени защиты IP44

Рисунок 1.2 – Схема замещения сети для запуска электродвигателя

Исходные данные

Параметры электродвигателя 4А315 М2 У3

Параметры сети 0,38 кВ

Параметры рабочей машины

Параметры трансформатора

Параметры провода А50

Определим момент сопротивления рабочей машины:

Приведем момент сопротивления рабочей машины к валу электродвигателя:

Далее необходимо определить отклонение напряжения на зажимах элек-тродвигателя при пуске

— сопротивление ВЛ 10 кВ, при-веденное к напряжению 0,38 кВ

Сопротивление трансформатора ТП 10/0,4 кВ равно:

Определим сопротивление воздушной линии 0,38 кВ

сопротивление электродвигателя при пуске

Определим фактический момент электродвигателя при пуске

фактическая кратность пускового момента электродвигателя

коэффициент запаса

фактический момент электродвигателя

Условия запуска электродвигателя

>

$643 > 2844$

Так как правая часть неравенства оказалась больше левой, т.е. фак-тический момент рабочей машины с учетом реального колебания напря-жения, оказался выше номинального момента электродвигателя, то элек-тродвигатель не запустится. Следовательно, необходимо выполнить тех-нические мероприятия по устранению данного недостатка.

Содержание отчета:

- 1) Название, цель работы;
- 2) Теоретический материал для выполнения работы;
- 3) Изучить технические данные заданного двигателя;
- 4) Рассчитать и проверить возможность успешного пуска заданного электродвигателя от сети;
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы:

- 1) Дайте определение электродвигателя.
- 2) Какие требования необходимо учитывать при выборе электродвига-теля?
- 3) Назовите категории размещения электрооборудования.
- 4) Характеризуйте степени защиты электрических машин от попада-ния воды.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

«ИЗУЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 0,38-35 КВ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ 2.2»

Цель работы:

1) Научиться определять места расположения распределительной под-станции и трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ и выбирать конфи-гурацию сети высокого напряжения с использованием программы для автоматизированного расчета распределительных сетей 0,38-35 кВ «Электроснабжение 2.2».

2) Научиться производить выбор конфигурации сети 0,38 кВ и опреде-лять координаты центра электрических нагрузок с использованием программы для автоматизированного расчета распределительных се-тей 0,38-35 кВ «Электроснабжение 2.2»

Общие сведения

Распределительные, как и потребительские трансформаторные подстанции следует располагать в месте, которое максимально приближено центру электрических нагрузок.

Схемы развития районных сетей разрабатываются для сетей энерго-системы в целом или по отдельным сетевым районам, а также для промышленных узлов. Задачами при проектировании являются:

- разработка и обоснование предложений по развитию сети;
- выбор конфигурации и параметров сети, определение очередности строительства сетевых объектов;
- выбор типа, параметров и места размещения компенсирующих устройств, а также способов регулирования напряжения;
- оценка необходимых капитальных вложений;
- для каждой схемы соединения сети должно выполняться требование надежности питания потребителей

Но так как мы не имеем входных данных о характере потребителей, географическом месте будущего расположения, то расположим ТП по исходным данным.

В качестве исходных данных о месте расположения РТП, ТП и потребителей берем данные из Л.р.№1.

Система автоматизированного проектирования «Электроснабжение 2.2», предназначена для проектирования электрических распределительных сетей 0,38, 6, 10, 35 кВ.

Целью данной программы является автоматизация проектирования объектов электроснабжения промышленных и сельскохозяйственных предприятий, районов и т.д.

Используя представленный программный продукт возможно произвести расчет электроснабжения района, промышленного или сельскохозяйственного предприятия, населенного пункта, произвести реконструкцию электрических сетей.

На плане района (объекта) можно разместить до 200 трансформаторных подстанций, запитанных от РТП. Каждая трансформаторная подстанция (обеспечивающая электроснабжение, например, какого либо предприятия, населенного пункта, и т.д.) может содержать до 200 потребителей (для промышленности до 200 групп потребителей). Таким образом, максимальное число потребителей составляет $200 \times 200 = 40000$.

Результаты проектирования сохраняются в файл с расширением .doc и возможны для дальнейшего редактирования и структурирования расчетно-пояснительной части разрабатываемого проекта.

Процесс расчета состоит из следующих основных этапов:

1. Исходные данные;
2. Определение места расположения ТП, выбор конфигурации сети 0,38 кВ;
3. Определение электрических нагрузок сети 0,38 кВ;
4. Определение числа мощности трансформаторов на подстанции;
5. Выбор типа подстанции;
6. Определение места расположения подстанции, конфигурация сети высокого напряжения и определение величины высокого напряжения;
7. Определение нагрузки в сети высокого напряжения;
8. Расчет сечения проводов в сети высокого напряжения;
9. Определение потерь высокого напряжения в высоковольтной сети и трансформаторе;
10. Определение потерь мощности и энергии в сети высокого напряжения и трансформаторе;
11. Определение допустимых потерь напряжения в сети 0,38 кВ;
12. Определение сечения проводов и фактических потерь напряжения, мощности и энергии в сетях напряжением 0,38 кВ. Компенсация реактивной мощности в сетях 0,38 кВ;
13. Определение конструктивных параметров высоковольтной и низковольтной линии;
14. Расчет токов короткого замыкания;
15. Выбор и проверка аппаратуры высокого напряжения ячейки питающей линии.
16. Расчет электрических нагрузок расчетного населенного пункта;
17. Компенсация реактивной мощности в сетях 0,38 кВ;
18. Расчет сети на потерю напряжения при пуске электродвигателя;
19. Расчет уставок релейной защиты;
20. Выбор и проверка высоковольтной и низковольтной аппаратуры на подстанции;

21. Выбор устройства защиты от перенапряжений;

22. Расчет контура заземления подстанции.

Рабочее окно программы состоит из меню, ряда функциональных клавиш рисунок 5.1.

Рисунок 4.1 – Рабочее окно программы «Электроснабжение 2.2»

Меню «Файл» позволяет выполнить следующие операции:

- «Открыть»;
- «Сохранить»;
- «Закрыть».

Меню «Базы данных» содержит:

«Базы данных потребителей». В данных для потребителей приводится мощность дневного и вечернего потребления активной и реактивной мощности.

«Базы данных промышленных потребителей». В данных для промышленных потребителей приводится коэффициент спроса и коэффициент мощности.

«Базы данных промышленных механизмов и аппаратов». В данных для механизмов приводится коэффициент использования и коэффициент мощности.

«Базы данных трансформаторов». В данных для трансформаторов приводятся начальная, конечная и номинальная мощность, величина выскокого и низкого напряжения, потери холостого хода, потери при коротком замыкании, напряжение к.з. в % ток холостого хода в % и тип трансформатора.

«Базы данных проводов и кабелей». В данных для проводов и кабелей указываются: марка провода или кабеля, номинальное сечение, сечение, сопротивление одного километра, масса одного километра, индуктивное сопротивление, тип кабеля или провода, рабочее напряжение.

«Базы данных масляных выключателей». В данных для масляных выключателей указываются: номинальное напряжение и токи.

«Базы данных разъединителей». В данных для разъединителей указываются: номинальное напряжение и токи.

«Базы данных трансформаторов тока». В данных для трансформаторов тока указываются: номинальное напряжение и токи.

«Базы данных конденсаторных установок». В данных для трансформаторов тока указываются: начальная и конечная мощности, наименование конденсаторной установки, ее серия и тип, номинальные мощность, напряжение и ток, количество ступеней, масса, нормативный документ на его использование.

«Базы данных электродвигателей». В данных для двигателей указываются: номинальная мощность, коэффициент мощности, КПД, пусковой ток, минимальный и максимальный ток, скольжение критическое.

Меню «Настройки программы».

Рисунок 4.2 – Меню настройки программы

В меню настройки программы возможно выбрать:

1 Рабочую базу данных нагрузок:

- сельскохозяйственные потребители,
- промышленные потребители.

2 Метод определения сечения проводов и кабелей НВ сети:

- по падению напряжения,
- по плотности тока.

3 Выполнить дополнительные расчеты пунктов:

- компенсация реактивной мощности,
- определение конструктивных параметров ЛЭП,
- расчет сети по потери напряжения при пуске электродвигателя,
- расчет контура заземления подстанций,
- построение карты селективности оконечных ТП.

- Функциональные кнопки управления, необходимы для построения конфигурации сети
- установка РТП, от которой необходимо прокладывать линии электропередач к ТП, возможно установить только одну РТП,
 - установка ТП (до 200 штук),
 - установка разветвительной опоры,
 - соединение РТП и ТП в сеть,
 - конфигурация низковольтной сети,
 - изменение местоположения ТП,
 - убрать все линии соединяющие ТП,
 - убрать все ТП и линии соединяющие ТП.
 - настройки программы,
 - выполнить предварительный расчет высоковольтной сети,
 - сформировать расчетно–пояснительную часть,
 - открытие рабочей папки.

Параметрами X и Y главной формы задаются длина и ширина объ-екта (км) или района электроснабжения.

Указание по выполнению работы

Расчеты центра электрических нагрузок будем выполнять в среде «Электроснабжение 2.2». Распределительные, как и потребительские трансформаторные подстанции следует располагать в месте, которое мак-симально приближено центру электрических нагрузок. Но так как у нас нет данных о географическом расположении потребителей и подстанции, то трансформаторные подстанции будем располагать в ЦЭН.

Координаты центра электрических нагрузок определяются по фор-мулам:

;

.

где S_i , – расчетная мощность на вводе i-го потребителя, кВА:

x_i, y_i - координаты i-го потребителя.

Таблица 4.1 - Исходные данные

№

п.п. Наименование шифр Дневной

максимум Вечерний

максимум

Рд,

кВт Qд,

квар Sд,

кВА Pв,

кВт Qв,

квар Sв,

кВА

ТП №1

| | | | | | | | | |
|----|---------------------|----|-------|------|---------|-------|------|---------|
| 17 | Сварочные установки | 17 | 42 | 45 | 61,554 | 42 | 45 | 61,554 |
| 13 | Заточные станки | 13 | 2,1 | 1,44 | 2,546 | 2,1 | 1,44 | 2,546 |
| 5 | Литейный цех | 5 | 842,8 | 280 | 888,094 | 842,8 | 280 | 888,094 |

| | | | | | | | | | |
|----------|---------------------|----|-------|------|----------|-------|------|----------|----|
| 6 | Кузнечный цех | 6 | 620 | 160 | 640,312 | 620 | 160 | 640,312 | |
| ТП №2 | | | | | | | | | |
| 5 | Литейный цех | 5 | 842,8 | 280 | 888,094 | 842,8 | 280 | 888,094 | |
| 5 | Литейный цех | 5 | 842,8 | 280 | 888,094 | 842,8 | 280 | 888,094 | |
| 7 | Механосборочный цех | 7 | 420 | 240 | 483,735 | 420 | 240 | 483,735 | |
| 14 | Печь нагревательная | 14 | 30 | 0 | 30 | 30 | 0 | 30 | |
| ТП №3 | | | | | | | | | |
| 21 | Заготовительный цех | 21 | 580 | 180 | 607,289 | 580 | 180 | 607,289 | |
| 25 | Термический цех | 25 | 1280 | 60 | 1281,405 | 1280 | 60 | 1281,405 | 60 |
| 1281,405 | | | | | | | | | |
| 17 | Сварочные установки | 17 | 42 | 45 | 61,554 | 42 | 45 | 61,554 | |
| 24 | Компрессорный цех | 24 | 690 | 120 | 700,357 | 690 | 120 | 700,357 | |
| ТП №4 | | | | | | | | | |
| 23 | Столовая | 23 | 260 | 50 | 264,764 | 260 | 50 | 264,764 | |
| 10 | Токарные станки | 10 | 28,6 | 33 | 43,668 | 28,6 | 33 | 43,668 | |
| 11 | Фрезерные станки | 11 | 27 | 14,4 | 30,6 | 27 | 14,4 | 30,6 | |
| 12 | Сверлильные станки | 12 | 6,6 | 5,46 | 8,565 | 6,6 | 5,46 | 8,565 | |

Таблица 4.2 - Координаты потребителей низковольтной сети

| Код потребителя | Координата X | Координата Y |
|-----------------|--------------|--------------|
| ТП №1 | | |
| П №1 (17) | 200 | 700 |
| П №2 (13) | 500 | 500 |
| П №3 (5) | 200 | 200 |
| П №4 (6) | 800 | 700 |
| ТП №2 | | |
| П №1 (5) | 500 | 500 |
| П №2 (5) | 200 | 200 |
| П №3 (7) | 200 | 800 |
| П №4 (14) | 300 | 600 |
| ТП №3 | | |
| П №1 (21) | 200 | 300 |
| П №2 (25) | 1000 | 100 |
| П №3 (17) | 500 | 900 |
| П №4 (24) | 800 | 500 |
| ТП №4 | | |
| П №1 (23) | 700 | 400 |
| П №2 (10) | 300 | 400 |
| П №3 (11) | 900 | 900 |
| П №4 (12) | 900 | 1000 |

Центры электрических нагрузок низковольтных сетей представлены в таблице 3 для каждой ТП.

Таблица 4.3 - Центры электрических нагрузок

| № ТП (наименование) | ЦЭН |
|---------------------|-----------------|
| Координата X | ЦЭН |
| Координата Y | |
| ТП №1 | 443,125 421,841 |
| ТП №2 | 318,657 449,321 |
| ТП №3 | 725,417 271,778 |
| ТП №4 | 673,169 458,796 |

Рисунок 4.3 - Схема электроснабжения потребителей ТП №1 (масштаб X= 0...1000 м, Y=

0...1000 м), выполненная в САПР Электроснабжение 2.2

Рисунок 4.4 - Схема электроснабжения потребителей ТП №2 (масштаб $X=0...1000$ м, $Y=0...1000$ м) выполненная в САПР Электроснабжение 2.2

Рисунок 4.5 - Схема электроснабжения потребителей ТП №3 (масштаб $X=0...1000$ м, $Y=0...1000$ м), выполненная в САПР Электроснабжение 2.2

Рисунок 4.6 - Схема электроснабжения потребителей ТП №4 (масштаб $X=0...1000$ м, $Y=0...1000$ м), выполненная в САПР Электроснабжение 2.2

Содержание отчета:

- 1) Название, цель работы;
- 2) Теоретический материал для выполнения работы;
- 3) Расчет координат центра электрических нагрузок;
- 4) Составления схем электроснабжения потребителей в САПР «Электроснабжение 2.2»;
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы:

- 1) Предназначение САПР «Электроснабжение 2.2».
- 2) Как определяются координаты центра электрических нагрузок (формулы)?
- 3) Какие базы данных содержит система автоматизированного проектирования «Электроснабжение 2.2»?
- 4) Назовите основные задачи проектирования электросетей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

«МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НОРМАТИВНЫХ УРОВНЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»

Цель занятия: ознакомиться комплексом мероприятиями по обеспечению нормативных уровней надежности электроснабжения.

Общие сведения

Под надёжностью электроснабжения понимают способность электрической системы в любой момент времени снабжать электроэнергией присоединённых к ней потребителей. Перерывы в электроснабжении приводят к сбоям технологических процессов, нарушениям жизненного уклада населения, значительному материальному ущербу, могут привести к гибели людей и животных. Поэтому при проектировании любых систем электроснабжения необходимо предусмотреть мероприятия по обеспечению требуемых уровней надёжности. По требованиям к надёжности электроснабжения все потребители и их электроприёмники подразделяются на три категории.

Электроприёмники первой категории - электроприёмники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Из состава электроприёмников первой категории выделяется особая группа электроприёмников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.

Электроприёмники второй категории - электроприёмники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники третьей категории - все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий.

Электроприемники первой категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п.

Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить непрерывность технологического процесса или если резервирование электро-снабжения экономически нецелесообразно, должно быть осуществлено технологическое резервирование, например, путем установки взаимно резервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийного останова технологического процесса, действующих при нарушении электроснабжения.

Электроснабжение электроприемников первой категории с особо сложным непрерывным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление нормального режима, при наличии технико-экономических обоснований рекомендуется осуществлять от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, к которым предъявляются дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

Электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников второй категории при нарушении электро-снабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Для электроприемников третьей категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

Указание по выполнению работы

Для потребителей первой категории вторым независимым взаимно резервирующим источником питания должна служить питающая подстанция 35-110/10 кВ или другая секция шин 10 кВ той же двухтрансформаторной подстанции с двусторонним питанием по сети 35-110 кВ, от которой осуществляется основное питание. Для удаленных потребителей первой категории при технико-экономическом обосновании вторым независимым источником питания может быть автономный источник резервного питания (часто такое резервирование называют местным). Когда вторым резервным независимым источником питания является энергосистема (такое резервирование является сетевым), то для электроснабжения потребителей первой категории с учетом конкретных условий /15/ рекомендуют одну из схем рисунка 1.

Схема сети 10 кВ (рисунок 2.1а) построена по магистральному принципу: к магистралям ВЛ 10кВ, по которым осуществляется взаимное резервирование линий, кроме обычных ТП, присоединена опорная ТП 10/0,4 кВ (ОТП). ОТП должна выполняться в закрытом исполнении с развитым распределительным устройством (РУ) 10 кВ вблизи потребителей первой категории. На ОТП следует предусматривать два силовых трансформатора для потребителей первой категории.

Схемы рисунка 2.1 б-г рекомендуется применять в случаях, когда ОТП, от которой питается потребитель первой категории, используется в качестве пункта автоматического секционирования или резервирования (АВР) магистральной линии.

Вариант схемы рисунка 2.1 д целесообразно использовать для питания ТП 10/0,4 кВ, расположенных на территории сельскохозяйственных комплексов (птицефабрик).

Рисунок 5.1 - Схемы резервирования потребителей первой категории

Рисунок 5.1 (продолжение) - Схемы резервирования потребителей первой категории

При определении максимальной нагрузки следует построить график электрических нагрузок с включением в него технологических процессов электрических нагрузок с включением в него тех технологических процессов и электроприемников, работа которых должна быть сохранена в полном объеме. Расчетная нагрузка находится как получасовой максимум.

В тех случаях, когда мощность незначительно превышает ближайшую номинальную мощность электроагрегата/10, 15, 34/, следует дополнительно рассмотреть возможность снижения максимума расчетной нагрузки путем смещения времени работы отдельных электроприемников.

Мощность выбранной электростанции должна обеспечить запуск асинхронного короткозамкнутого электродвигателя наибольшей мощности. Для отдельных электроагрегатов прямой запуск электродвигателя возможен, если мощность электродвигателя не превосходит 70% номинальной мощности генератора /34/. При невыполнении данного условия следует выбирать мощность электростанции на 40-60% больше суммарной установленной мощности потребителей /33/.

Нагрузки электроприемников сельскохозяйственных предприятий, подлежащие резервированию от автономных источников, приведены в/15/ и приложении 28/10/.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

«МЕТОДЫ РАСЧЕТА МОЛНИЕЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»

Цель занятия: ознакомиться с методами расчетов зон защиты молниеотводов, провести расчет зоны защиты одиночного тросового молниеотвода подстанции 35/10 кВ.

Выполнение работы

Молниеотвод - устройство, устанавливаемое на зданиях и сооружениях и служащее для защиты от удара молнии. В быту также употребляется некорректное, но более благозвучное «громоотвод».

Внешняя молниезащита имеет три компонента (Рисунок 1):

1. Молниеотвод, (молниеприемник) перехватывает молнию, принимая разряд;
2. Токоотвод, проводник, по которому ток протекает от молниеотвода к заземляющему устройству;
3. Заземляющее устройство (заземлитель), обеспечивающее растекание тока в земле.

Рисунок 6.1 Устройство молниеотвода.

Поскольку молниеотвод принимает на себя грозный удар молнии и локализует прохождение стримера, то от его расчёта и правильной установки зависит вся защита дома целиком. Различают три вида молниеотводов:

1. стержневой;
2. тросовый;
3. сеточный.

1. Одиночный стержневой молниеотвод

- Изготавливается в виде цельнометаллического стержня или полый трубы. Устанавливают стержневой молниеприемник сбоку здания, или над крышей вертикально. Защищаемое пространство будет иметь форму кругового конуса высотой h_0 , радиусом r_0 , с

вершиной на оси стержня.

- Если высота молниеотвода h , то для $h_0 = 0,7 \cdot h$, $r_0 = 0,6 \cdot h$. То есть $h = r_0 / 0,6$ (высота до 30 м). Если требуется иная высота, нужно воспользоваться таблицей (Рисунок 1.1).

Образно говоря, дом должен поместиться в данный конус защиты (Рисунок 1.2):

Рисунок 6.2 Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода.

1.-граница зоны защиты на уровне h

2.-тоже на уровне земли

- Нужно выбрать $r-x$, таким, чтобы края крыши за него не выступали за круг с данным радиусом. Для этого нужен план дома, или измерить его рулеткой и начертить чертёж. Таким образом, также будет найдено оптимальное местоположение молниеотвода на крыше.

- Исходя из правила подобных треугольников, высота молниеотвода над плоскостью, в которой находятся крайние выступы крыши $(h-h_x) = r-x / 0,6$. Если крыша плоская, то высота стержня устанавливаемого молниеотвода $h_m = r-x / 0,6$. В ином случае, нужно измерить высоту h_k конька крыши над полом чердака, тогда высота устанавливаемого стержня будет $h_m = r-x / 0,6 - h_k$.

Рисунок 6.3. Одиночный стержневой молниеотвод.

Стандартной зоной защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h является круговой конус высотой $h_0 < h$, вершина которого совпадает с вертикальной осью молниеотвода. Габариты зоны определяются двумя параметрами: высотой конуса h_0 и радиусом конуса на уровне земли r_0 .

Для специальных объектов минимально допустимый уровень надежности защиты от ПУМ (прямого удара молнии) устанавливается в пределах 0,9-0,999 в зависимости от степени его общественной значимости и тяжести ожидаемых последствий от ПУМ по согласованию с органами государственного контроля.

Приведенные ниже расчетные формулы пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. Полуширина r_x зоны защиты требуемой надежности на высоте h_x от поверхности земли определяется выражением:

| Надежность защиты конуса r_0 , м | | Высота молниеотвода h , м | Высота конуса h_0 , м | Радиус |
|------------------------------------|---------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------|
| 0,9 | От 0 до 100 | 0,85h | 1,2h | |
| | От 100 до 150 | 0,85h | $(1,2 - 10^{-3}(h-100))h$ | |
| 0,99 | От 0 до 30 | 0,8h | 0,8h | |
| | От 30 до 100 | 0,8h | $(0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30))h$ | |
| | От 100 до 150 | $(0,8 - 10^{-3}(h-100))h$ | 0,7h | |
| 0,999 | От 0 до 30 | 0,7h | 0,6h | |
| | От 30 до 100 | $(0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h-30))h$ | $(0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30))h$ | |
| | От 100 до 150 | $(0,65 - 10^{-3}(h-100))h$ | $(0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h-100))h$ | |

Рисунок 6.1 Таблица одиночного стержня

2. Двойной стержневой молниеотвод

Если дом продолговатый, то расчетная высота мачты молниеотвода окажется слишком большой.

Рисунок 6.3 Устройство двойного стержневого молниеприемника

Молниеотвод считается двойным, когда расстояние между стержневыми молниеприемниками L не превышает предельной величины L_{max} . В противном случае оба молниеотвода рассматриваются как одиночные.

При расстоянии между молниеотводами $L < L_c$ граница зоны не имеет провеса ($h_c = h_0$). Для расстояний L высота провеса h_c определяется по формуле:

Приведенные ниже расчетные формулы пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. Размеры горизонтальных сечений зон вычисляются по следующим формулам:

Максимальная полу-ширина зоны r_x в горизонтальном сечении на высоте h_x : Длина горизонтального сечения L_x на высоте $h_x > h_c$: Полуширина горизонтального сечения в центре между молниеотводами r_{cx} на высоте h_{xc}

Расчет h_0 и r_0 производится также, как и для одиночных стержневых молниеотводов.

| Надежность защиты | Высота молниеотвода h , м | L_{max} , м | L_c , м |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 0,9 | От 0 до 30 | $5,75h$ | $2,5h$ |
| | От 30 до 100 | $(5,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h-30))h$ | $2,5h$ |
| | От 100 до 150 | $5,5h$ | $2,5h$ |
| 0,99 | От 0 до 30 | $4,75h$ | $2,25h$ |
| | От 30 до 100 | $(4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h-30))h$ | $(2,25 - 0,01007(h-30))h$ |
| | От 100 до 150 | $4,5h$ | $1,5h$ |
| 0,999 | От 0 до 30 | $4,25h$ | $2,25h$ |
| | От 30 до 100 | $(4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h-30))h$ | $(2,25 - 0,01007(h-30))h$ |
| | От 100 до 150 | $4,0h$ | $1,5h$ |

3. Многократный стержневой молниеотвод.

Зона защиты многократного стержневого молниеотвода определяется как зона защиты попарно взятых соседних стержневых молниеотводов высотой $h=150$ м.

Рисунок 6.1 Зона защиты многократного стержневого молниеотвода.

Основным условием защищенности одного или нескольких объектов высотой h_x с надежностью, соответствующей надежности зоны А и зоны Б, является выполнение неравенства $r_{cx} > 0$ для всех попарно взятых молниеотводов. В противном случае построение зон защиты должно быть выполнено для одиночных или двойных стержневых молниеотводов в зависимости от выполнения условий п. 2 настоящего приложения.

4. Одиночный тросовой молниеотвод и двойной тросовой молниеотвод.

Выполняется в виде троса с заземлением у каждого конца, натянутого над зданием между двумя заземлёнными отдельными металлическими опорами.

Рисунок 6.1 Установка тросового молниеотвода

При невозможности обеспечить установку отдельных опор, допускается их монтаж на здании с использованием изоляторов. Поперечное сечение стального троса должно быть 50 мм^2 . Из-за веса натягиваемого троса конструкция опор должна быть достаточно надёжной, чтобы выдерживать порывы ветра.

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой $h < 150$ м приведена на рис. 2.5, где h – высота троса в середине пролета. С учетом стрелы провеса троса сечением $35\text{--}50 \text{ мм}^2$ при известной высоте опор $h_{оп}$ и длине пролета a высота троса определяется, м:

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода имеют следующие габаритные размеры.

Зона А:

Зона Б:

;
;

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных значениях h_x и r_x определяется по формуле :

Рисунок 6.2 Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

Расчет в среде MathCAD

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТАНОВОК ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Цель занятия: Ознакомиться с видами и средствами компенсации реактивной мощности, провести выбор конденсаторной батареи для повышения $\cos\varphi$.

Теоретические сведения

КРМ — это комплекс мер, позволяющий добиться потребления реактивной мощности питающей сети с реактивной. К устройствам КРМ относятся: Конденсаторные батареи (БСК), Шунтирующие реакторы (ШР); Фильтры высших гармоник; Статические тиристорные компенсаторы (СТК).

БСК предназначены для выдачи реактивной мощности (рм) в систему. Снижение перетоков рм в сети приводит к снижению потерь активной энергии, снижению потерь U , ШР потребляют рм. Вакуумно-реакторные группы применяются для ступенчатого автоматического регулирования U , как правило, в узлах с повышенным U .

Фильтры компенсирующие устройства предназначены для снижения гармонических искажений U и компенсации рм нагрузок потребителей в сетях электроснабжения промышленных предприятий. СТК могут работать как на выдачу, так и на потребление рм.

Повышение коэффициента мощности электроустановок важнейшая задача. Низкий коэффициент мощности приводит к перерасходу металла электрических сетей, увеличиваются потери электроэнергии, снижается КПД трансформаторных подстанций.

Относительно низкий коэффициент мощности электроустановок объясняется многими причинами (широкое использование электродвигателей сравнительно малой мощности, неполная их загрузка и недостаточно качественный ремонт, неполная загрузка трансформаторов, применение люминесцентных ламп и т.д.). Следует также отметить, что коэффициент мощности электроустановок имеет тенденцию к снижению вследствие увеличения доли силовой нагрузки в общем потреблении электроэнергии.

Повышение коэффициента мощности может быть осуществлено так называемыми естественным (без применения специальных устройств) и искусственным (применяют специальные устройства для компенсации реактивной мощности) способами.

Для естественного повышения \cos характерны следующие мероприятия:

- выбор электродвигателей с номинальной мощностью, равной или близкой мощности рабочей машины, полная их загрузка и ограничение времени холостого хода;
- применение электродвигателей с более высоким \cos (высокоскоростных, на шариковых подшипниках);
- переключение обмоток электродвигателя при нагрузке меньше 50% номинальной мощности с треугольника на звезду (такое переключение возможно, если линейное напряжение сети равно номинальному напряжению фазы электродвигателя);
- применение в первые годы эксплуатации сети трансформаторов с номинальной мощностью, несколько меньшей максимальной расчетной мощности потребителей, если последняя определена с перспективой развития на ближайшие 5...7 лет;
- отключение одного из параллельно работающих трансформаторов при значительном снижении нагрузки.

Если все эти меры не дают нужного эффекта, то прибегают к искусственным способам повышения \cos , т.е. устанавливают специальные устройства для компенсации реактивной мощности.

Для сельских электроустановок наиболее приемлемый способ повышения \cos - это компенсация реактивной мощности при помощи статических конденсаторов. Статические конденсаторы имеют очень малые потери до 1%, бесшумны в работе, износоустойчивы, просты и удобны в эксплуатации. Кроме того, статические конденсаторы могут быть подобраны на малые мощности, что особенно важно для сельских электроустановок.

Компенсация реактивной мощности в зависимости от места установки конденсаторов может быть индивидуальной, групповой и централизованной.

Конденсаторную батарею подключают в сеть параллельно. Мощность конденсаторной батареи, необходимую для повышения коэффициента мощности с одного значения до другого, определяют по формуле:

(1)

где P – активная мощность установки, кВт;

- угол сдвига фаз до включения батареи конденсаторов;

- угол сдвига фаз после включения батареи конденсаторов.

По [1] выбираем комплектную конденсаторную установку.

1. Выполнение работы

Рисунок 7.1 – Расчетная схема электрической сети

– после включения батареи конденсаторов (по договору с энергосбытом) .

Расчет

- определяем соответствующее значение $\cos \varphi_1$ и $\cos \varphi_2$

;

-определяем соответствующее значения $\tan \varphi_1$ и $\tan \varphi_2$:

$\tan \varphi_1 =$; $\tan \varphi_2 =$

-определяем расчетную активную мощность нагрузки
кВт – расчетная активная мощность нагрузки.

-определяем расчетную активную мощность конденсаторной батареи
квар - расчетная

мощность конденсаторной батареи.

По справочной литературе выбираем конденсаторную установку УКМ-0,4-150-6-25У3 IP20
квар - фактическая мощность конденсаторной батареи.

Определяем фактическое значение после включения конденсаторной батареи:

tg

Этому тангенсу соответствует угол $=8,2$ град или $8.2\text{л}/180$

Рисунок 7.2 – Вариант №1 подключения БК

Рисунок 2.3 – Вариант №2 подключения БК

Рисунок 7.4 – Вариант №3 подключения БК

Задавшись типом КУ, зная $Q_{к.р.}$ и напряжение, выбирают стандартную компенсирующую установку, близкую по мощности.

1. При проектировании электроустановок необходимо предусматривать мероприятия по снижению потребления реактивной мощности, а именно:

а) не допускать выбора электродвигателей и трансформаторов с необоснованно заниженной нагрузкой; б) для нерегулируемых электроприводов с постоянным режимом работы выбирать синхронные двигатели, если это возможно по техническим и экономическим условиям; в) использовать другие технические средства, обеспечивающие повышение технико-экономических показателей системы электроснабжения путем воздействия на потребление и генерацию реактивной мощности.

2. Проектирование рекомендуется вести с учетом динамики роста нагрузки и поэтапного развития систем электроснабжения.

3. При выборе средств компенсации, устанавливаемых в электрических сетях потребителей электроэнергии:

а) экономически или технически обоснованное значение реактивной мощности, которая может быть передана из энергосистемы в режиме ее наибольшей активной нагрузки в сеть электроустановки; б) значение реактивной мощности, которая может быть передана из энергосистемы в режиме ее наименьшей активной нагрузки в сеть электроустановки; в) значение реактивной мощности, которая может быть передана из энергосистемы в после-аварийных режимах в сеть электроустановки

4. При выборе средств компенсации необходимо:

а) учитывать потери реактивной мощности в элементах сети и реактивную мощность, генерируемую воздушными линиями, токопроводами и кабельными линиями с номинальными напряжениями выше 20 кВ, а для кабельных сетей значительной протяженности — также и 6 — 20 кВ; б) определять целесообразную степень использования реактивной мощности генераторов местных электростанций и синхронных двигателей для сетей напряжением как 6 — 20, так и до 1 кВ;

в) выбирать способ управления компенсирующими устройствами (ручное или автоматическое), параметр регулирования (напряжение, реактивная мощность, время и т.д.)

5. При технико-экономических расчетах стоимости потерь электро-энергии и активной мощности должны определяться по замыкающим затратам.

6. При выборе средств компенсации необходимо учитывать, что наибольший экономический эффект достигается при их размещении в непосредственной близости от потребляющих реактивную мощность электроприемников.

Передача реактивной мощности из сети 6 — 35 кВ в сеть напряжением до 1 кВ во многих случаях оказывается экономически невыгодной, если это приводит к увеличению числа цеховых трансформаторов.

7. Распределять конденсаторные установки между сетями 6 — 20 и сетями напряжением до 1 кВ следует на основании технико-экономического расчета.

Общая методика выбора устройств компенсации реактивных нагрузок

1. Выбор типа, мощности, места установки и режима работы компенсирующих устройств
2. одновременно со всеми элементами питающих и распределительных сетей.
3. Выполнение технических требований должно обеспечивать:
4. Критерием экономичности является минимум приведенных затрат,;
5. Источники реактивной мощности могут быть трех типов: а) генераторы электростанций и синхронные двигатели; б) ВЛ и КЛ электрических сетей; в) дополнительно устанавливаемые компенсирующие устройства — синхронные компенсаторы, вентильные установки специального назначения и др.

6. Предусмотренные в утвержденном проекте компенсирующие устройства устанавливаются в обязательном порядке;

7. Выбор средств компенсации должен производиться для режима наибольшего потребления реактивной мощности в сетях проектируемой установки.

8. Энергосистема должна задавать организации, проектирующей присоединяемую к сети энергосистемы электроустановку, значения величин реактивной мощности, передаваемых из сети системы для режимов наибольшей и наименьшей активных нагрузок системы, а также для послеаварийных режимов.

9. Для наиболее экономичного использования компенсирующих устройств некоторая их часть должна иметь устройства регулирования реактивной мощности.

10. При выборе средств компенсации следует учитывать, что наибольший экономический эффект достигается при их размещении в непосредственной близости от потребляющих реактивную мощность электроприемников. Передача реактивной мощности из сети 6—35 кВ в сеть до 1000 В экономически невыгодна, если требует увеличения числа цеховых трансформаторов. Для электроустановок небольшой мощности, присоединяемых к сетям 6—10 кВ, экономически оправдана компенсация реактивной мощности на стороне низкого напряжения (до 1 кВ).

11. Нерегулируемые конденсаторные установки в сетях до 1000 В должны размещаться в цехах у групповых распределительных пунктов, если окружающая среда допускает такую установку. Установка конденсаторных батарей на стороне 6—10 кВ цеховых подстанций не рекомендуется.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ РУЧНОГО ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА

Цель занятия:

Ознакомиться с математическими методами расчета электромагнитных полей. Ознакомиться с методами расчета электромагнитных полей с помощью САПР (программных комплексов ELCUT (в двухмерном пространстве) и ANSYS (в трехмерном пространстве)). Освоить методы моделирования магнитной системы линейных электродвигателей ручного электрифицированного инструмента.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

- а. Математические методы расчета электромагнитных полей
 - Цепной метод
 - Метод конечных разностей
 - Метод конечных элементов

□ Метод интегральных уравнений

1. Цепной метод

В современных электрических машинах, трансформаторах, электро-магнитных реле, а также в различных измерительных приборах для увеличения магнитного потока используют ферромагнитные сердечники, обладающие большой магнитной проницаемостью по сравнению с проницаемостью воздуха. В связи с этим оказывается возможным сделать некоторые допущения, позволяющие исключить необходимость расчета пространственного распределения характеристик поля.

Перечисленные выше устройства обычно состоят из ферромагнитных сердечников и обмоток, изготавливаемых из изолированных проводников и надеваемых на эти сердечники и образующих ту или иную магнитную цепь [20]. В этом случае расчет магнитной цепи базируется на следующих допущениях.

1. Магнитная проницаемость ферромагнетиков, из которых изготавливаются сердечники магнитной цепи, много больше проницаемости окружающей среды. Это позволяет считать, что с любым витком одной и той же катушки сцеплен один и тот же поток и что на каждом участке магнитной цепи с неизменным поперечным сечением сердечника он остается одним и тем же. А это означает, что в данном случае можно пренебречь потоками рассеяния, замыкающимися как по участкам магнитной цепи, так и в окружающем пространстве.

2. Предполагается, что поперечные размеры ферромагнитных сердечников магнитной цепи малы по сравнению с их длиной. Это позволяет принять за длину сердечника длину его средней линии, а поле внутри сердечника считать однородным. Тогда падение магнитного напряжения на участке магнитной цепи ab с постоянным сечением можно вычислить следующим образом:

где H — напряженность магнитного поля на участке ab ;
 l — длина средней линии участка.

3. Предполагается также, что воздушные зазоры между отдельными участками магнитной цепи достаточно малы по сравнению с поперечными размерами сердечников и длиной силовой линии. Это позволяет считать, что в воздушном промежутке магнитное поле остается однородным, а падение магнитного напряжения на нем можно определить следующим образом:

где l — длина воздушного промежутка магнитной цепи;
 B — индукция магнитного поля в воздушном зазоре;
 Φ — магнитный поток сердечника;
 S — площадь поперечного сечения полюса сердечника;
 μ_0 — магнитная проницаемость в вакууме.

В магнитных цепях из магнито-мягких материалов зависимость индукции в сердечнике от напряженности магнитного поля принято определять основной кривой намагничивания.

При указанных выше допущениях на основании фундаментального закона магнитостатики $\oint H dl = I$ закона полного тока и принципа непрерывности линий вектора индукции магнитного поля получают уравнения для магнитных цепей, аналогичные по форме уравнениям электрических цепей:

а) закон Ома для участка линейной цепи

;

б) первый закон Кирхгофа для узлов магнитной цепи

;

в) второй закон Кирхгофа для любого замкнутого контура магнитной цепи

$\sum H dl = \sum I$

где F — намагничивающая сила.

Поэтому для расчета магнитных цепей могут быть использованы такие же методы, которые применяются и для расчета электрических цепей.

2. Расчет неразветвленных магнитных цепей

При расчете неразветвленных магнитных цепей приходится встречаться с двумя видами задач («прямая» и «обратная» задачи).

В «прямой» задаче необходимо определить намагничивающий ток или намагничивающую

силу по заданному магнитному потоку, а в «обратной» — поток по заданной величине намагничивающей силы. В обоих случаях, как правило, известны геометрические размеры всех участков магнитной цепи, материалы, из которых они изготовлены, основные кривые намагничивания или петли гистерезиса и числа витков катушек.

Рассмотрим неразветвленную магнитную цепь (рисунок 2.1), состоящую из П-образного сердечника электромагнита и стальной пластины, замыкающей его концы. Между концами сердечника электромагнита и пластиной имеется воздушный зазор. Размеры сердечника электромагнита и пластины, а также материалы, из которых они изготовлены, известны. Необходимо определить намагничивающий ток, при котором магнитный поток в воздушном зазоре имеет заданное значение. Сечение сердечника электромагнита во всех частях одинаково и равно S_1 , а сечение пластины S_2 .

При этих условиях всю магнитную цепь представим в виде трех последовательно соединенных участков: сердечника электромагнита, двух воздушных зазоров и стальной пластины с одинаковым потоком. Для расчета магнитной цепи наметим среднюю магнитную линию и определим длины ее отдельных участков l_1 , l_2 и l_3 .

Рисунок 8.1 – Неразветвленная магнитная цепь

Неразветвленную магнитную цепь, изображенную на рисунке 2.1, представим эквивалентной схемой (рисунок 2.2), составленной из трех последовательно соединенных сопротивлений: R_1 и R_3 и НС. В этой схеме сопротивления R_1 и R_3 зависят от магнитного потока, а сопротивление R_2 является величиной постоянной.

По второму закону Кирхгофа для магнитной цепи намагничивающая сила будет определяться выражением

Магнитные индукции определим по заданному значению магнитного потока как

По найденным значениям магнитных индукций B_1 , B_2 и основным кривым намагничивания для соответствующих материалов определим напряженности магнитного поля H_1 и H_2 .

Для воздушного зазора l_2 ,
тогда намагничивающий ток

Рассмотрим теперь ту же магнитную цепь (рисунок 1.1), для которой требуется определить магнитный поток по заданному значению намагничивающей силы («обратная» задача). Эта задача в отличие от предыдущей не имеет «прямого» решения вследствие нелинейной связи между потоком и намагнивающим током.

Решение такой задачи можно выполнить, например, следующим методом. Сначала зададимся предполагаемым значением магнитного потока, например Φ_1 , затем, также, как и в предыдущей «прямой» задаче, найдем НС. Если полученное значение намагничивающей силы совпадает с заданным, т.е. $I_1 = I$, то задача решена. Однако такого совпадения после первой попытки обычно не получается. Поэтому следует задаться другими значениями магнитного потока: Φ_2 и т.д., найти соответствующие значения намагничивающих сил I_2 () и т.д. и построить вспомогательную характеристику (рисунок 1.3).

Рисунок 8.2 – Эквивалентная схема неразветвленной магнитной цепи

Рисунок 8.3 Вспомогательная характеристика

Отложив на оси абсцисс величину заданной намагничивающей силы I (рис. 1.3) получим точку а, проведем из этой точки прямую, параллельную оси ординат, до пересечения с кривой в точке б. В результате получим отрезок а-б, определяющий искомое значение магнитного потока.

Так как магнитный поток во всех участках неразветвленной магнитной цепи один и тот же, то характеристика может быть построена по аналогии с неразветвленной электрической цепью графическим суммированием абсцисс прямой I и кривых I_1 и I_2 для одних и тех же значений магнитного потока.

Характеристика \square это прямая, проходящая через начало координат. Ее легко построить, если найти напряженность магнитного поля для какого-нибудь значения :

Характеристики и строятся при помощи основных кривых намагничивания для материалов первого и второго участков магнитной цепи. Для этого нужно умножить ординаты кривых намагничивания соответственно на сечения первого и второго участков, абсциссы \square на их длины .

3. Расчет разветвленных магнитных цепей

Расчеты разветвленных магнитных цепей основаны на применении законов Кирхгофа для магнитных цепей. Вследствие нелинейной связи между индукцией и напряженностью магнитного поля расчеты магнитных цепей обычно ведутся графоаналитическими методами аналогично методам расчета нелинейных электрических цепей.

При расчете магнитной цепи, прежде всего, нужно указать на схеме направления намагничивающих сил, если известны направления токов и расположение обмоток, или произвольно выбрать положительные направления намагничивающих сил, если они являются искомыми. Затем необходимо выбрать положительные направления магнитных потоков, после чего можно переходить к составлению эквивалентной схемы и ее расчету.

Пример разветвленной магнитной цепи с одной намагничивающей силой приведен на рисунке 1.4. На рисунке 1.5 показана эквивалентная схема этой магнитной цепи. Для такой магнитной цепи возможен «прямой» расчет, если требуется определить намагничивающую силу по заданному значению потока в воздушном зазоре .

По известному потоку вычислим индукцию

по кривой намагничивания найдем напряженность магнитного поля и напряженность поля в воздушном зазоре по формуле

Магнитное напряжение третьей ветви, т.е. между узлами «а» и «б»,

Так как вторая и третья ветви соединены параллельно, то и

Вычислим, по кривой намагничивания найдем .

Поток Φ_2 по формуле

а поток Φ_1 по формуле

Определив поток, вычислим магнитную индукцию

и по кривой намагничивания найдем напряженность магнитного поля .

Тогда по второму закону Кирхгофа искомая намагничивающая сила определится выражением

Рисунок 8.4 – Разветвленная магнитная цепь

Рисунок 8.5 – Эквивалентная схема разветвленной магнитной цепи

Рассмотрим порядок решения «обратной» задачи. Необходимо вычислить потоки в ветвях магнитной цепи (рисунок 2.4) по заданной намагничивающей силе. Задача может быть решена графическим методом аналогично расчету цепи постоянного тока с нелинейными элементами.

Для решения задачи при помощи кривых намагничивания построим кривую (рисунок 2.6) и зависимость путем суммирования ординат прямой и кривой (где) для одних и тех же значений магнитного потока. Суммированием ординат кривых и для одних и тех же значений магнитного напряжения получим кривую .

Выполненные построения эквивалентны замене двух параллельных ветвей с сопротивлениями и (рисунок 2.5) одним нелинейным сопротивлением, характеристикой которого и является кривая .

Дальнейшие построения для полученной неразветвленной цепи можно выполнить построением характеристики (рисунок 2.6). Точка пересечения кривой с кривой определяет магнитное напряжение между точками а и б и поток . Ординаты точек пересечения и вертикальной прямой с кривыми и дают соответственно потоки и .

Рисунок 8.6 – Вспомогательная характеристика

4. Метод конечных разностей

Методы конечных разностей, которые ведут начало от Гаусса, но получили широкое распространение примерно лишь с 1940 г., могут быть использованы для получения численных решений с любой требуемой степенью точности всех задач при расчете электромагнитных полей. Кроме того, хотя некоторые теоретические обоснования этих методов очень сложны, их практическое применение чрезвычайно просто и фактически сводится к простым арифметическим операциям. Главный недостаток методов конечных разностей заключается в том, что (как и для всех численных методов) решение должно повторяться для каждой совокупности параметров, задаваемых в задаче.

Решения, полученные методом конечных разностей, представляют собой совокупность значений описывающей поле функции в дискретных точках, равномерно распределенных по всей области поля. Эти значения находятся путем замены одного описывающего поле дифференциального уравнения с частными производными системой простых уравнений в конечных разностях, которые имеют вид линейных уравнений, связывающих значение потенциала в каждой точке со значениями потенциала в других точках, окружающих ее. Таким образом, определение поля сводится к решению системы совместных уравнений. В связи с тем, что при решении задачи приходится оперировать с большим числом таких уравнений, применение методов исключения переменных, определителей и обращения матриц становится нецелесообразным.

Вместо этого должны использоваться специальные методы. Два наиболее полезных метода:

- Релаксационный
- Итерационный

Релаксационный метод предназначен для расчетов вручную и является чрезвычайно универсальным, хотя его эффективность зависит от опыта и искусства расчетчика. В противоположность этому другой метод, итерационный, основан на полностью повторяющемся цикле операций и идеально подходит для выполнения расчетов с использованием компьютерной техники, прогресс которой в последние годы значительно содействовал развитию этого метода.

Уравнения в конечных разностях получены применительно к уравнению Пуассона для векторного потенциала; при переходе к уравнению Лапласа плотность тока принимается равной нулю. Естественно, уравнения в конечных разностях имеют одинаковый вид независимо от того, составлены ли они для векторного потенциала A , скалярного потенциала ψ или функции потока \square .

При замене уравнения поля системой уравнений в конечных разностях, связывающих значения потенциальной функции в дискретных точках, можно выбрать произвольное пространственное распределение точек. Однако очевидно, что при выборе полностью равномерного распределения точек для каждой из них справедливо уравнение в конечных разностях одного и того же вида и формулировка задачи значительно упрощается. Требуемое распределение обеспечивается расположением точек в «узлах» любой равномерной сетки. Одна такая сетка состоит из квадратов и изображена на рисунке 1.7, для простой, квадратной, области поля. Нетрудно заметить, что положение любого узла, лежащего во внутренней области границы, по отношению к соседним узлам характеризуется приведенной на рисунке 1.8 схемой. Это типовое расположение узлов носит название симметричной звезды.

Рисунок 8.7 – Распределение квадратной равномерной сетки

Рисунок 8.8 – Звезда симметричной сетки

Существуют только две другие равномерные сетки: равносторонняя треугольная сетка, изображенная на рисунке 1.9, и правильная шестиугольная сетка, показанная на рисунке 1.10.

Рисунок 8.9 – Распределение треугольной равномерной сетки

Рисунок 8.10 – Распределение шестиугольной равномерной сетки

Находит применение также неравномерная сетка, представляющая определенный интерес, и полярная сетка. Она имеет очевидные преимущества для некоторых задач с круговыми границами.

Симметричная звезда (рисунок 1.11-б) относится ко всем узлам сетки, за исключением узлов, которые находятся в непосредственной близости к границе, в тех случаях, когда граница и линии сетки не совпадают. Для узла, находящегося в непосредственной близости к такой границе, типовое расположение соседних узлов характеризуется асимметричной звездой, изображенной на рисунке 1.11-а. Уравнение в конечных разностях для потенциала в «центральном» узле 0 отличается от уравнения для центрального узла симметричной звезды, однако поскольку симметричная звезда является частным случаем асимметричной, рассмотрим только асимметричную звезду.

Предположим, что сторона квадрата сетки h , называемая размером ячейки сетки, мала по сравнению с размерами границ, и примем одинаковую нумерацию узлов для обеих звезд, как показано на рисунке 1.11.

а б
Рисунок 8.11 – Звезда асимметричной (а) и симметричной (б) сетки

В случае асимметричной звезды допустим, что узлы 1 и 2 расположены на расстояниях ρ_1 и ρ_2 от узла 0, где ρ_1 и ρ_2 – числа, меньшие единицы. При решении практических задач это означает, что узлы 1 и 2 будут лежать на границе.

Уравнение в конечных разностях получается в результате разложения потенциала узла 0 в ряд Тейлора и нахождения выражений для $(\Delta^2 A / \Delta x^2)_0$ и $(\Delta^2 A / \Delta y^2)_0$, которые вводятся в уравнение Пуассона.

Значение потенциала A в любой точке x , лежащей на линии, проведенной через узел 0 параллельно оси x , может быть выражено через значение потенциала узла 0, равное A_0 , с помощью ряда Тейлора:

$$(1.1)$$

Подстановка в это уравнение значений $x = x_0 + \rho_1 h$ и $x = x_0 - \rho_2 h$ дает значения потенциала соответственно в узлах 1 и 3:

$$(1.2)$$

$$(1.3)$$

Суммировав (1.2) и (1.3) после умножения последнего на ρ_2 , получим:

$$(1.4)$$

и, пренебрегая членами, содержащими A в третьей и более высоких степенях, что допустимо, если h мало, приходим к простому выражению для $(\Delta^2 A / \Delta x^2)_0$:

$$(1.5)$$

Точно таким же способом можно получить выражение для $(\Delta^2 A / \Delta y^2)_0$:

$$(1.6)$$

Далее, подстановка найденных значений $(\Delta^2 A / \Delta x^2)_0$ и $(\Delta^2 A / \Delta y^2)_0$ в уравнение Пуассона, где для более компактной записи член $\Delta^2 A$ заменен W , дает:

$$(1.7)$$

Это уравнение (при небольшом значении h) является хорошей аппроксимацией уравнения Пуассона и может его заменить. Однако необходимо подчеркнуть, что в то время как дифференциальное уравнение относится к любой точке поля, каждое уравнение в конечных разностях справедливо только для одной точки (хотя вид уравнений одинаков для всех точек).

Уравнение (1.7) имеет несколько частных модификаций, наиболее важная из которых относится к симметричной звезде (рисунок 2.11-б). Уравнение, относящееся к узлу 0 этой звезды, может быть использовано для подавляющего большинства узлов в любой задаче; его нетрудно получить, положив в уравнении (1.7) $\rho_1 = \rho_2 = 1$:

$$(1.8)$$

Для узлов, расположенных в областях, где поле описывается уравнением Лапласа,

требуемые уравнения для асимметричной и симметричной звезд можно найти соответственно из уравнений (1.7) и (1.8), положив $W = 0$. Кроме того, в случае таких полей эти уравнения могут быть составлены для скалярного потенциала ψ или для функции потока \square , поэтому, например, уравнение Лапласа для скалярного потенциала узла, не примыкающего к границе, имеет вид:

$$(1.9)$$

Полученные выше уравнения в конечных разностях являются, конеч-но, только аппроксимациями уравнений поля, поскольку в уравнении (1.4) мы пренебрегли членами высших порядков (соответствующая погрешность называется сеточной). Важно тщательно исследовать эту погрешность, одна-ко на данном этапе достаточно сказать, что практически в любой задаче нетрудно задаться таким значением h , что ошибка будет пренебрежимо малой.

Рассмотрим подход к формулировке задачи по определению поля в виде системы совместных уравнений и для конкретности обратимся к про-стой типичной области поля, описываемого уравнением Пуассона, внутри квадратной границы, изображенной на рисунке 1.12.

Рисунок 8.12 – Квадратная равномерная сетка

Обозначим узлы на границе номерами со штрихом от 1 до 16, а внутренние узлы номерами от 1 до 9. Значения W и потенциала на границе заданы, и на первом этапе решения требуется определить значения потенциала для внутренних узлов. Это нетрудно сделать, применив уравнение (1.8) для каждого из внутренних узлов. Для внутреннего узла 1 имеем:

для узла 2

Аналогичные уравнения могут быть составлены и для остальных узлов 3-9. Следовательно, девять значений потенциала связаны между собой и с граничными условиями девятью линейными уравнениями и их можно найти в результате совместного решения этих уравнений.

Точно так же любую задачу по определению поля можно свести к решению системы совместных линейных уравнений в конечных разностях. Для задач с криволинейными границами или с границами, по каким-либо другим причинам не совпадающими с узлами сетки, единственное отличие в формулировке по сравнению с простым случаем, рассмотренным выше, заключается в том, что уравнения для узлов, примыкающих к границе, должны быть выведены из общего уравнения в конечных разностях (1.7) (при $W=0$ для областей лапласова поля).

Прежде чем приступить к рассмотрению способов решения совместных уравнений, для последующего анализа необходимо представить их в матричном виде. Короче говоря, если $[M]$ – матрица коэффициентов при не-известных потенциалах A_p , $[u]$ – столбцовая матрица неизвестных потенциалов, а $[v]$ – столбцовая матрица сумм известных потенциалов A'_p и постоянных членов h^2W (когда они присутствуют), то указанные уравнения могут быть представлены в виде:

$$[M][u] = [v]. \quad (1.10)$$

Заметим, что вид матрицы $[M]$ зависит только от пространственного распределения узлов поля, но не зависит от того, является ли поле лапласовым или пуассоновым.

В отношении решения этих уравнений следует отметить две важные особенности. Во-первых, в любой практической задаче число уравнений очень велико (цифра 1 000 является вполне обычной) и, во-вторых, число членов в каждом из уравнений очень мало. Первая из этих особенностей приводит к тому, что обычные методы нахождения точных решений становятся совершенно неприемлемыми просто в связи с чрезмерной длительностью вычислений. Так, например, для решения 100 уравнений методом исключения переменных (который гораздо быстрее метода определителей) по-требуется, по крайней мере, 10 000 ч при выполнении расчетов вручную, по-этому необходимо использовать компьютерную технику. Однако, к счастью, благодаря малому числу членов в уравнениях можно применить два значительно более быстрых численных метода. Это тесно связанные релаксационный и итерационный методы, основанные на процессе последовательных приближений. В качестве характеристики скорости этих методов можно указать, что 100 уравнений в конечных разностях могут быть решены с точностью 0,1 % примерно за 8 часов вручную (релаксационным методом) и примерно за 1 мин при использовании вычислительной машины (итерационным методом). Дополнительное преимущество этих методов состоит в том, что продолжительность расчетов тесно связана с получаемой точностью, по-этому можно прервать расчет, когда будет достигнута требуемая точность.

Релаксационный метод решения совместных уравнений в конечных разностях был впервые применен Гауссом, однако его чрезвычайная универсальность и действенность не были оценены инженерами и физиками до 30–40-х годов 19-го столетия, когда он был повторно открыт и усовершенствован Саусвеллом и его сотрудниками. В основном он сводится к непрерывному изменению значений потенциала, продолжающемуся до тех пор, пока все совместные уравнения не будут удовлетворены с достаточной степенью точности. Этот метод предназначен для расчетов вручную и эффективность применения его зависит от опыта расчетчика. В последнем отношении он существенно отличается от других методов, рассмотренных, поскольку невозможно сформулировать общие правила выполнения операций и при решении какой-либо конкретной задачи два расчетчика никогда не будут точно следовать по одному и тому же пути. В связи с этим определения основных операций решения, приведенные ниже, на первый взгляд могут показаться недостаточно полными. Однако ввиду крайней простоты метода уже небольшая практика быстро дает опыт, необходимый для выбора правильного пути решения любой задачи.

5. Метод конечных элементов

Метод конечных элементов (МКЭ) на основе вариационного принципа возник из решения задач теории упругости, что и определило, в основном, терминологию, используемую в процессе его применения в других разделах механики сплошных сред (теории теплопроводности, газовой динамике и др.) [9]. Использование в МКЭ методов взвешенных невязок (таких, например, как методы коллокаций Галеркина, наименьших квадратов) позволило отказаться от вариационного принципа в МКЭ, тем более что не для всякой задачи можно построить функционал, минимум которого дает исследуемое дифференциальное уравнение. Тем самым круг решаемых задач механики сплошных сред был существенно расширен [22, 23, 25].

Пусть в области необходимо решить некоторую дифференциальную задачу. Тогда в МКЭ осуществляется следующая цепочка процедур.

1. Область разбивают на подобласти в количестве E штук (E), называемые конечными элементами, такие что

2. В каждом конечном элементе выбирается система нумерованных узлов, в которых значения искомой функции являются неизвестными величинами.

3. Каждому нумерованному узлу приписывается базисная функция такая, что в этом узле она равна единице, а в остальных нумерованных узлах расчетной области – нулю. Число базисных функций в расчетной области равно числу нумерованных узлов, причем для различных узлов они обладают свойством линейной независимости (или ортогональности) по всей расчетной области.

4. Решение искомой дифференциальной задачи приближенно строится в виде линейной комбинации базисных функций по всем нумерованным узлам расчетной области с коэффициентами линейной комбинации, равными значениям искомой функции в нумерованных узлах.

5. Это решение подставляется в дифференциальную задачу, и, поскольку решение приближенное, результатом подстановки будет не тождественный нуль, а некоторая функциональная невязка.

6. С помощью известных методов взвешенных невязок (коллокаций, Галеркина, наименьших квадратов) функциональная невязка минимизируется по всей расчетной области путем приравнивания нулю скалярного произведения функциональной невязки и весовых функций (скалярное произведение от непрерывных функций равно определенному интегралу по расчетной области от произведения этих функций), причем в методе взвешенных невязок Галеркина весовые функции в нумерованных узлах совпадают с базисными функциями. В результате получается система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно значений искомой функции в нумерованных узлах, коэффициентами в которой являются интегралы по всей расчетной области от базисных функций и их производных.

7. Определенные интегралы по всей расчетной области заменяются на сумму интегралов по конечным элементам, что, в силу ортогональности базисных функций, делает матрицу СЛАУ сильно разреженной, с ненулевыми элементами, расположенными в окрестности главной диагонали (так называемые ленточные матрицы, частным видом которых является трехдиагональная матрица).

8. Решается СЛАУ относительно узловых значений искомой функции ка-ким-либо известным методом (Гаусса, простых итераций, Зейделя и т.п.). Результаты решения подставляются в приближенное решение по п. 4. При этом полученные значения искомой функции в нумерованных узлах каждого конечного элемента могут быть использованы для по-лучения решения во всех точках конечного элемента с помощью так называемых функций элементов, простейшим случаем которых является линейный интерполяционный многочлен в со-гласно [23].

Рисунок 8.18 – Представление решения в МКР (а) и МКЭ (б)

Таким образом, существенным отличием МКЭ от метода конечных разностей (МКР) является то, что в МКЭ решение на каждом элементе полу-чается в виде непрерывных (или гладких) функций, в то время как в МКР – в виде сеточной функции (рисунок 1.18).

Метод интегральных уравнений

Метод интегральных уравнений дает возможность рассчитать магнит-ное поле в неоднородной среде (катушка, воздух, сталь, вода и т.д.) свести к расчету в однородной (в вакууме, воздухе). При этом неоднородности необ-ходимо заменить вторичными источниками поля: магнитные заряды, источ-ники с объемной или поверхностной плотностью тока, вихревыми токами.

Выделяются два подхода к расчету метода интегральных уравнений.

1. Используются условия на границах между неоднородными в маг-нитном отношении областями. Задачу расчета вторичных источни-ков необходимо свести к граничным интегральным уравнениям пер-вого и второго рода, которые в последствии приводятся к уравнени-ям в конечных суммах для подобластей с постоянными или кусочно-постоянными значениями магнитной проницаемости.

2. Название второго подхода – «метод пространственных интеграль-ных уравнений». Основывается данный подход на общем инте-гральном выражении магнитной индукции через намагниченность деталей магнитной системы при отсутствии, каких либо дополни-тельных краевых условий. Расчет осуществляется по итерационной схеме с учетом нелинейных характеристик подобластей, на которые разбита магнитная система [9].

Методы расчета электромагнитных полей с помощью САПР

6. Использование программного комплекса ELCUT при моде-лировании магнитных систем (общие сведения) линейных электродвига-телей

На сегодняшний день, изучая рынок программных средств, можно найти множество расчетных комплексов, работающих на МКЭ. Российской разработкой в этой области является ELCUT – программа, работающая на методе конечных элементов для моделирования двумерных полей, разрабо-танная и представленная на рынке петербургской компанией TOP с 1991 го-да.

ELCUT позволяет решать двумерные краевые задачи математической физики, описываемые эллиптическими дифференциальными уравнениями в частных производных относительно скалярной или однокомпонентной век-торной функции (потенциала).

ELCUT – это интегрированная диалоговая система программ, позволяющая решать плоские и осесимметричные задачи следующих типов:

Расчет электрического поля:

- Электростатическое поле.
- Электрическое поле постоянных токов.
- Электрическое поле переменных токов.
- Нестационарное электрическое поле.

Расчет магнитного поля:

- Магнитостатическое поле.
- Магнитное поле переменных токов (с учетом вихревых токов).
- Магнитное нестационарное поле (с учетом вихревых токов и нелиней-ных материалов).

Задачи теплопередачи (расчет температурного поля):

- Стационарная теплопередача

- Нестационарная теплопередача (тепловые переходные процессы).

Задачи механической прочности:

- Линейный анализ напряженно-деформированного состояния.

Мультидисциплинарные (связанные) задачи [12].

Плоскопараллельные постановки используют декартову систему координат x, y, z , причем предполагается, что геометрия расчетных областей, свойства сред и параметры, характеризующие источники поля, неизменны в направлении оси z . Вследствие этого описание геометрии, задание свойств, граничных условий и источников, а также обработку результатов можно проводить в плоскости x, y , называемой плоскостью модели. Принято, что ось x направлена слева направо, а ось y - снизу вверх.

Осесимметричные задачи решаются в цилиндрической системе координат r, θ, z . Порядок следования осей выбран для общности с плоскопараллельными задачами. Физические свойства и источники поля предполагаются не зависящими от угловой координаты. Работа с моделью проводится в плоскости r, z (точнее в полуплоскости $r \geq 0$). Ось вращения z направлена слева направо, ось r - снизу вверх.

Расчет линейного электродвигателя садовой ножовки производится в осесимметричной постановке.

С помощью ELCUT возможно в течение короткого времени:

- описать задачу, геометрию, свойства сред, источники поля, граничные условия;

- решить задачу с высокой точностью;

- проанализировать решение с помощью средств цветной графики;

- сохранить результаты в форме, пригодной для подготовки отчетов или для дальнейшего анализа.

Моделируя в программном обеспечении ELCUT, работа производится с разными типами документов: задачи, геометрические модели, библиотеки свойств материалов и др. Внутри главного окна ELCUT можно открыть каждый документ в своём отдельном окне, при этом одновременно можно открыть любое число любых окон. Переходя из окна в окно, мы переключаемся с одного документа на другой, но также необходимо учитывать, что только одно окно является активным в каждый момент времени. Используя позиции меню, расположенного вверху главного окна ELCUT, мы можем изменять содержание активного документа. Для документов разных типов содержание меню различно.

Также возможно, вызвав нажатием правой кнопки мыши на интересующем вас объекте в окне, использование панели инструментов и контекстно-го меню.

ELCUT использует следующие типы документов:

Описание задачи. Этот тип документов соответствует каждой физической задаче, решаемой при помощи ELCUT. Документ содержит такие общие характеристики, как тип задачи ("Электростатика", "Магнитостатика", "Теплопередача" и пр.), класс модели (плоская или осесимметричная) и тому подобные, а также имена других документов, ассоциированных с данной задачей.

Геометрическая модель содержит полное описание геометрии задачи, метки различных её частей и расчетную сетку конечных элементов. Разные задачи могут использовать общую модель (это, в частности, полезно при решении связанных задач).

Физические свойства, или Данные, различаются для разных типов задач (Свойства для электростатики, свойства для магнитного поля переменных токов и т.д.). Эти документы содержат значения свойств материалов, источников поля и граничных условий для разных помеченных геометрических объектов модели. Документ свойств может быть использован как библиотека материалов для различных задач.

Электрическая цепь содержит схему присоединенной электрической цепи и параметры входящих в цепь элементов. Совместное решение задачи расчета магнитного поля с уравнениями присоединенной электрической цепи возможно в задачах следующих типов:

- Магнитное поле переменных токов

- Нестационарное магнитное поле.

Чтобы решить задачу, нужно ассоциировать с ней имена как минимум двух документов: модели и физических свойств. Для большего удобства задача может ссылаться на два документа свойств одновременно: один из них, называемый справочник свойств, содержит свойства часто используемых материалов (библиотека материалов), а другой документ содержит данные,

специфичные для данной задачи или группы задач.

В процессе решения задачи ELCUT создает еще один файл - файл ре-зультатов. Этот файл всегда имеет расширение .res, имя, совпадающее с име-нем файла описания задачи, и помещается в ту же папку, в которой находит-ся файл описания задачи.

Между сеансами работы ELCUT документы сохраняются в файлах по одному файлу для каждого документа. В ходе сеанса вы можете создавать новые документы, открывать и сохранять существующие.

Использование этой гибкой архитектуры позволит вам весьма быстро описать и решить вашу задачу или серию задач.

Типичная последовательность шагов при решении новой задачи пред-ставлена на блок-схеме (рис 2.1):

Рисунок 8.19 - Блок-схема последовательности шагов при решении задачи

Расчет магнитного поля применяется при проектировании и исследова-нии различных устройств, таких как соленоиды, электрические машины, магнитные экраны, постоянные магниты, реакторы, и тому подобные. Обыч-но при расчетах магнитного поля представляют интерес такие величины, как магнитная индукция, напряженность магнитного поля, магнитные силы и моменты, индуктивность, а также потокосцепления с различными обмотками.

Пакет ELCUT может применяться для решения линейных и нелинейных задач магнитостатики в плоской и осесимметричной постановке. Использует-ся формулировка задачи относительно векторного магнитного потенциала. При постановке задачи мы можем использовать следующие возможности:

- свойства сред: воздух, изотропные и ортотропные материалы с постоянной магнитной проницаемостью, изотропные ферромагнетики, проводники с током, линейные и нелинейные постоянные магниты. Кривые намагничивания ферромагнитных материалов вводятся и редактируются при помощи окна работы с кривыми.

- источники поля: распределенные и сосредоточенные токи или плот-ность тока, однородное внешнее поле и постоянные магниты.

- граничные условия: заданное значение потенциала (условие Дирихле), заданные значения касательной составляющей индукции (условие Неймана), условие постоянства потенциала (нулевого потока) на поверхностях сверх-проводников.

- результаты расчета: магнитный потенциал, магнитная индукция, напряженность магнитного поля, силы, моменты, энергия магнитного поля, потокосцепления, собственные и взаимные индуктивности.

- специальные возможности: Интегральный калькулятор может вычис-лять различные интегральные значения на определенных вами линиях и по-верхностях. Мастер индуктивности помогает вычислять собственную и вза-имную индуктивность проводников и катушек. Магнитное состояние веще-ства, рассчитанное с учетом кривых намагничивания материалов, может быть запомнено для использования при решении последующих задач. Это позволяет, в частности, вычислять собственные и взаимные дифференциаль-ные индуктивности многообмоточных систем.

Структура базы данных задачи состоит из нескольких частей. Цен-тральной частью этой базы данных является описание задачи, которое при записи на диск помещается в файл с расширением .rbm. Описание задачи со-держит общую информацию о задаче: характер предметной области, разно-видность постановки, класс точности расчета и т.д. Кроме этого, описание задачи содержит имена остальных файлов, составляющих базу данных зада-чи. К их числу относятся файл геометрии модели, имеющий стандартное расширение .mod или .m3d , файл присоединенной электрической цепи (для цепно-полевых задач) с расширением .qcr, и файлы физических параметров, имеющие одно из расширений .dms, .dhe, .des, .dcf, .dec, .dtv, .dht, или .dsa, в зависимости от предметной области задачи [13].

Для создания новой задачи необходимо из меню «Файл» выбрать по-зицию «Создать». Появится окно создания новой задачи (рис 2.2).

Рисунок 8.20 - Окно создания новой задачи

Появится окно создания задачи, где необходимо будет присвоить имя создаваемой задачи, и указать ее расположение.

Далее необходимо будет выбрать параметры задачи (рис 2.3), такие как тип задачи, класс модели, единицы длины, координаты и вид расчета.

Рисунок 8.21 - Окно ввода параметров новой задачи

Также можно открыть ранее созданную задачу. Для этого необходимо из меню «Файл» выбрать позицию «Открыть».

Рабочее окно программы (рис 2.4) состоит из меню, панели инструментов, окна свойств модели и окна структуры задачи.

В рабочем окне программы созданное изображение можно масштабировать с помощью кнопок крупнее и мельче. Чтобы увеличить изображение, необходимо нажать кнопку крупнее и переместить прямоугольник выделения в нужную область чертежа. Для того, чтобы увидеть модель целиком, необходимо нажать кнопку «Показать все».

Рисунок 8.22 - Рабочее окно программы

В рабочем окне программы также можно настроить сетку привязки (рис 2.5). В окне «Сетка привязки» можно настроить шаги сетки, привязать модель к сетке и указать позицию начальной точки. Также можно настроить сетку таким образом, чтобы с масштабированием рабочего окна сетка также масштабировалась.

Рисунок 8.23 - Окно настройки привязки сетки

2.2.2 Создание геометрической модели

Создание модели, как правило, происходит в три этапа:

- Ввод геометрических объектов и манипулирование ими;
- Задание свойств сред, источников поля и граничных условий;
- Построение сетки конечных элементов во всех блоках, входящих в расчетную область.

Основные типы геометрических объектов в ELCUT считаются вершина и ребро. Используя эти объекты можно построить большую часть моделей. Также можно вставить такие объекты как окружность, прямоугольник и эллипс.

Вершиной считается точка на плоскости, координаты которой введены пользователем или вычислены автоматически при пересечении ребер.

Ребром считается отрезок прямой или дуга окружности, соединяющая две вершины и не пересекающая другие ребра модели.

При описании геометрии модели сначала создаются вершины и ребра, ограничивающие блоки с различными физическими свойствами. Для корректировки положения и формы объектов используются операции перемещения и копирования. Для выполнения операции над несколькими объектами одновременно, эти объекты перед операцией нужно выделить.

Чтобы создать новое ребро, необходимо:

1. Выбрать команду Режим вставки в меню Правка или команду

Вставка вершин/ребер в контекстном меню (правая кнопка мыши), либо нажать кнопку на панели инструментов Вставлять вершины и ребра или клавишу INS, чтобы перейти в режим вставки.

2. Указать раствор нового ребра в окне Раствор дуги инструментальной панели. Выбрать одно из значений, находящихся в выпадающем списке или ввести новое значение.

Для создания прямолинейного ребра выбрать нулевой угол.

3. В начальной точке создаваемого ребра: либо нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перетащить указатель мыши к конечной точке, либо нажать клавишу SHIFT и, не отпуская ее, передвинуть указатель к конечной точке с помощью клавиш со СТРЕЛКАМИ. Если один или оба конца нового ребра не совпадают с уже существующими вершинами, недостающие вершины будут

автоматически добавлены к модели перед созданием ребра. Если не выключать включенный по умолчанию режим привязки к решетке, новые вершины будут создаваться только в узлах координатной решетки. При перемещении указателя с помощью клавиатуры использование клавиши CTRL позволяет позиционировать его точнее.

Чтобы создать новую вершину (рис 2.6), необходимо:

1. Выбрать команду Режим вставки из меню Правка или команду

Вставка вершин/ребер из контекстного меню, либо нажать клавишу INS или кнопку Вставлять вершины и ребра на панели инструментов, чтобы перейти в режим вставки.

Рисунок 8.24 - Добавление вершин

2. Убедиться, что текущие параметры сетки привязки подходят для ввода координат создаваемых вершин.

3. Используя мышь или клавиши со стрелками, передвинуть указатель в точку, где нужно создать новую вершину, и нажать левую кнопку мыши или клавишу ENTER.

Также можно вставить готовые фигуры (рис 2.7), такие как эллипс, прямоугольник и круг, при этом указав их позицию и геометрические размеры.

Рисунок 8.25 - Окно добавления новой фигуры

Свойства сред, источники и граничные условия задаются путем присваивания меток, имеющих соответствующие свойства, к геометрическим объектам.

Метка необходима для установления соответствия между геометрическими объектами

Сетку конечных элементов можно создавать автоматически. При этом, с учетом размеров геометрических объектов, будет построена гладкая сетка с плавным переходом от мелких элементов к более крупным. Для этого не требуется вводить какую-либо информацию.

Вместо автоматического построения сетки можно регулировать размеры конечных элементов сетки вручную. Для этого необходимо указать шаги дискретизации в одной или нескольких вершинах. Значения шагов дискретизации в остальных вершинах будут автоматически построены так, чтобы получить достаточно гладкую сетку.

Для выделения объектов необходимо щелкнуть мышью объекты, которые необходимо выделить и удерживая клавишу CTRL перемещать рамку до тех пор, пока нужные объекты не окажутся в рамке выделения (рис 2.8)

Рисунок 8.26 - Выделение объекта

Также, используя сочетания клавиш, такие как CTRL + A и CTRL + D можно выделить все и снять выделения.

Геометрические объекты с регулярными координатами можно легко создавать путем копирования или перемещения (рис 2.9). Чтобы сделать копию, необходимо:

1. Выделить любой набор объектов (вершин, ребер и блоков) для копирования.

2. Выбрать команду Дублировать выделенное из меню Правка или контекстного меню.

3. Когда на экране появится диалог для ввода параметров, выбрать метод преобразования, ввести его параметры и нажать ОК.

4. Новые объекты будут встроены в модель и выделены. Со всех остальных объектов модели выделение будет снято. Операция копирования сохраняет все явно заданные свойства исходных объектов, включая метки и шаги дискретизации. Не копируется только сетка конечных элементов - в новых блоках ее не будет.

Первая копия любого объекта модели всегда является результатом выбранного преобразования, примененного к самому объекту. При одновременном создании нескольких копий, каждая из последующих копий является результатом этого преобразования, примененного к предыдущей копии.

Рисунок 8.27 - Копирование и перемещение объектов

2.2.3 Ввод параметров задачи

Для того, чтобы решить задачу, необходимо описать свойства сред, указать источники поля и определить граничные условия. Эти параметры задачи хранятся в файле описания свойств. Связь физических свойств с гео-метрическими объектами устанавливается путем присвоения меток геометрическим объектам при редактировании модели.

В окне описания задачи содержатся метки, присвоенные элементам модели. Значки, помещенные слева от меток, означают следующее (рис 2.10):

Рисунок 8.28 - Значки меток

Для создания метки (рис 2.11), необходимо:

1. Выбрать Метку блока, или Метку ребра, или Метку вершины в меню. Вставить или перейти к нужной группе меток в дереве и выберите Создать метку в контекстном меню (правая кнопка мыши).

2. В нужной ветви дерева появится новая метка, приглашая ввести имя, которое ей нужно присвоить.

3. Просто набрать имя метки и нажать клавишу ENTER

Рисунок 8.29 - Окно присвоения меток геометрическому объекту

После создания метки блока необходимо задать свойства блока (рис 2.12). В окне Свойства метки блока задаются следующие параметры:

Рисунок 8.30 - Окно задания свойств метки блока

- Указать магнитную проницаемость материала. Магнитная проницаемость материала может быть задана единичным числом или же кривой (рис 2.13)

Рисунок 8.31 - Кривая магнитной проницаемости стали

- Значение электропроводности, которое необходимо для переходных процессов.

- Указать источники поля, плотность тока или полное число Ам-пер-витков. Необходимо учесть то, что значение плотности тока указывается в А/м².

После задания свойств геометрических объектов для корректной постановки задачи необходимо задать граничные условия с нулевым потенциалом (рис 2.14), так как ELCUT не считает в бесконечности.

Условие Дирихле задается на части границы наперед известный векторный магнитный потенциал в вершине или на ребре модели. Это граничное условие определяет поведение нормальной составляющей индукции на границе.

Рисунок 8.32 - Задание граничных условий

После задания граничных условий необходимо построить конечно-элементную сетку (рис 2.15).

Рисунок 8.33 - Построение сетки конечных элементов

Густота сетки непосредственно влияет на точность решения в тех или иных частях расчетной области. Сетка должна быть особенно густой в тех местах расчетной области, где требуется получить наивысшую точность.

Сетка конечных элементов можно создавать автоматически. При этом, с учетом размеров

геометрических объектов, будет построена гладкая сетка с плавным переходом от мелких элементов к более крупным. Для этого не требуется вводить какую-либо информацию.

Вместо автоматического построения сетки можно регулировать размеры конечных элементов сетки вручную. Для этого нужно указать шаги дискретизации в одной или нескольких вершинах.

Значения шагов дискретизации в остальных вершинах будут автоматически построены так, чтобы получить достаточно гладкую сетку.

2.2.4 Решение задачи и анализ результата

Для того чтобы задача могла быть решена, должны быть выполнены следующие условия:

- В документе описание задачи заданы тип задачи, класс модели, точность расчета и прочие свойства задачи.

- Документ геометрическая модель должен содержать законченную модель с построенной сеткой конечных элементов и метками.

- Свойства каждой метки, использованной в модели, должны быть определены в документе физические свойства данной задачи.

Если задача использует результат решения другой, связанной задачи, в качестве исходных данных, то задача-источник должна быть решена.

Для решения задачи необходимо в панели инструментов (рис 2.16) нажать на кнопку «Решить задачу».

Рисунок 8.34- Панель выбора кнопок

ELCUT позволяет представить решение задачи несколькими способами:

- картины поля;
- локальные полевые значения;
- интегральные величины;
- мастера вычисления параметров;
- графики и таблицы в пространстве;
- графики и таблицы во времени;
- таблицы и графики напряжений и токов в элементах
- присоединенной электрической цепи;
- экспорт таблиц, картинок и всего конечно-элементного решения в другие программы;
- траектории заряженных частиц;
- анимация картины поля.

Анализ решения начинается с того, что ELCUT открывает новое окно, в котором изображается картина вычисленного поля (рис 2.17).

Рисунок 8.35 - Картина вычисленного поля

Поначалу, поле изображается методом, наиболее адекватным типу решенной задачи. Возможно использовать всю палитру средств визуализации поля, произвольно комбинируя их между собой. Для настройки картины используется команда Вид > Свойства картины поля (рис 2.18).

Рисунок 8.36 - Окно свойства картины поля

Для выбора желаемого вида картины поля, необходимо отметить соответствующий флажок. Можно выбрать любую комбинацию видов изображения картины поля. Если не выбран ни один из видов, на экране будут нарисованы только контуры геометрической модели. Здесь также возможно указать пределы изменения физической величины и число цветов, используемых при построении цветной карты. При выборе какого-либо поля редактирования пределов можно воспользоваться кнопкой Совет для установки наиболее подходящего значения предела. Важно помнить, что

наиболее подходящие величины для полей минимум и максимум вычисляются для видимой в данный момент на экране части изображения.

В задачах переменных токов линии равного потенциала и векторы рисуются при заданной фазе. Возможно самим можно задать значение фазы.

Также в окне свойств картины поля можно указать необходимый масштаб силовых линий, указать величину и направление электрического или магнитного поля в виде векторов и изобразить пространственное распределение выбранной величины в виде цветной карты.

Масштабирование картины поля выполняется аналогично масштабированию в окне модели.

Чтобы сделать изображение крупнее:

1. Необходимо нажать кнопку Крупнее на панели инструментов.
2. Перемещая мышь с нажатой левой кнопкой, выделить прямоугольник, который после отпускания кнопки займет окно целиком.

Чтобы увидеть более обширную часть изображения:

- Нажать кнопку Мельче на панели инструментов модели.
- Или нажать кнопку «Показать всё на панели инструментов», чтобы увидеть картину поля целиком так крупно, как это возможно.

В вкладке Вид > Калькулятор отображена панель в виде нескольких деревьев, корневые элементы которых соответствуют различным видам числовых данных. Среди них:

- Локальные значения отображают различные полевые характеристики в указанных Вами точках расчетной области (рис 2.19);

Рисунок 8.37 - Локальные значения в тонкой стенке катушки

- Интегральный калькулятор перечисляет характеристики, которые могут быть вычислены интегрированием по заданной линии, поверхности или объему;

- Мастер индуктивности запускает мастер, который поможет вам вычислить собственную или взаимную индуктивность катушек или проводников.

Для получения результатов вычисления в виде графика или таблицы необходимо построить контур.

Контуром называется направленная ломаная линия, состоящая из отрезков прямых и дуг окружностей (включая ребра модели).

Контур в ELCUT используются для:

- Построения графиков физических величин вдоль контура;
- Вычисления линейных, поверхностных и объемных (для замкнутых контуров);
- Табличного вывода распределения поля вдоль контура на экран, в буфер обмена и в текстовый;
- Гармонического анализа пространственного распределения поля вдоль контура.

Направление контура имеет значение в следующих случаях:

- При вычислении объемных интегралов область интегрирования берется слева от контура.
- При вычислении поверхностных интегралов положительная нормаль направлена направо от контура.

- Начальная точка контура имеет нулевую координату по оси абсцисс при построении графиков и выводе в таблицу.

- Если изображаемая на графике или интегрируемая величина определена с обеих сторон контура и при этом принимает различные значения слева и справа от него, используется значение с правой стороны.

Распределение физических величин поля вдоль контура может быть изображено на графике (рис 2.20). Чтобы открыть окно графика, необходимо выбрать команду График в меню Вид или контекстном меню окна картины поля, в котором мы уже задали контур.

Рисунок 8.38 - Окно графика

В окне графика мы можем:

- Выбирать отображаемые величины при помощи команды Свойства графика из меню Вид

или контекстного меню.

- Изменять масштаб изображения.
- Выводить на экран или принтер таблицу соответствия между цветом кривой на графике и изображаемой физической величиной (легенду).
- Копировать изображение из окна графика в буфер обмена.
- Открывать несколько окон графиков для одного контура.

На графике могут быть изображены несколько физических величин с одинаковыми единицами измерения. Также можно установить (рис 2.21) мак-симальное и минимальное значение оси ординат и добиться наиболее приемлемого вида с помощью манипулирования флажками Маркировать линии и Показать координатную сетку.

Рисунок 8.39 - Окно задания свойств графика

Полученные данные результата решения задачи можно вывести в таблицу.

Для вывода результатов в табличной форме необходимо на панели инструментов (рис 2.22) выбрать кнопку Таблица.

Рисунок 8.40 – Выбор кнопки таблицы

Значения вдоль контура будут выведены в таблицу числовых значений (рис 2.23) и могут быть скопированы в буфер обмена или выведены с помощью надстройки программы в удобный вид, позволяющий в дальнейшем использовать полученные результаты в ходе исследования наиболее удачной конструкции.

Рисунок 8.41 - Таблица значений результатов решения

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

«СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОМЕЩЕНИЙ»

Цель работы:

- 1) Освоить методику светотехнического расчета помещений методом удельной мощности. Сравнить с исходным вариантом. Оценить его погрешность.
- 2) Освоить методику светотехнического расчета помещений методом коэффициента использования светового потока. Сравнить с исходным вариантом. Оценить его погрешность.

Общие сведения

Светотехнические расчеты позволяют выполнить следующее:

- а) определить количество и единичную мощность источников света осветительной установки, обеспечивающей требуемую освещенность в помещении (на рабочей поверхности);
- б) для существующей (спроектированной) осветительной установки рассчитать освещенность в любой точке поверхности освещаемого помещения;
- в) определить качественные показатели осветительной установки (коэффициент пульсации, цилиндрическую освещенность, показатели ослепленности и дискомфорта).

В зависимости от источника света освещение бывает:

- Естественное – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях
- Искусственное – освещение, при котором помещение испытывает недостаток естественного освещения, или освещение помещения в те часы, когда отсутствует естественное освещение.

– Совмещенное – освещение, при котором недостаточное нормам естественное освещение дополняется искусственным

В связи с тем, что естественного освещения недостаточно и с учетом, например, круглосуточного графика работы, необходимо применять общее искусственное освещение.

Рисунок 9.1. Разновидности искусственного освещения.

Учитывая заданные по варианту характеристики зрительной работы (наименьший размер объекта различения, характеристика фона и контраст объекта различения с фоном), с помощью таблицы определяют разряд и подразряд зрительной работы, а также нормируемый уровень минимальной освещенности на рабочем месте.

Уровень освещения в различных типах помещения представлен на рисунке 9.2.

Рисунок 9.2— Уровень освещения помещений.

При научной организации труда в сельском хозяйстве, как и в промышленности, качество освещения занимает одно из важных мест. Исследованиями установлено, что при современном интенсивном производстве правильно спроектированное освещение позволяет повысить производительность труда на 10...12 %. Оно включает в себя не только соблюдение норм освещенности, но и соблюдение качественных характеристик освещения с учетом технологического процесса. Поэтому до начала проектирования следует тщательно разобраться с технологическим процессом, схемой размещения оборудования, механизмов и животных. Нужно ясно представлять, где находятся работающие люди и характер зрительных работ. Это даст возможность правильно выбрать норму освещенности и расположение светильников. Одна из особенностей освещения в сельскохозяйственном производстве заключается в том, что рабочее освещение в помещениях для содержания животных одновременно и технологическое, т.е. обеспечивающее световой климат для животных: последнее является решающим при расчетах освещения в таких помещениях.

Различают два метода: точечный и метод коэффициента использования светового потока осветительной установки.

Точечный метод базируется на основном законе светотехники и в зависимости от светового прибора (точечный, линейный, прожектор) или характеристики объекта (закрытое помещение, улица, площадь) расчетные формулы и их использование различны.

Порядок расчета точечным методом

- 1 Расчет размещения светильников.
- 2 На плане выбираются две контрольные точки.
- 3 Определяется суммарная расчетная освещенность и выбирается наименьшая.
- 4 Определяют значение коэффициента запаса K_z и η .
- 5 Расчет светового потока лампы.
- 6 Определение мощности лампы P , мощности установки P и удельной мощности $R_{уд}$.

В основу метода коэффициента использования светового потока заложен расчет средней освещенности.

Порядок выполнения расчета

Выбирают:

- 1 Нормированную освещенность.
- 2 Вид, систему освещения.
- 3 Тип источника света и светильника.
- 4 Число светильников в помещении и наиболее выгодное расстояние между ними.

Коэффициент запаса.

- 5 Индекс помещения.
- 6 Коэффициент использования светового потока.
7. Определяем световой поток лампы.

Таким образом, оба традиционных метода дают погрешность расчета, примерно ± 20 %. Учитывая, что при выборе потока лампы допускается расхождение с номинальным потоком – 10...+20 %, а номинальный поток лампы может отличаться от действительного на ± 20 %.

Метод удельной мощности

Этот метод является упрощением метода коэффициента использования. Метод рекомендуется для расчета освещения второстепенных помещений, а также для расчета осветительной нагрузки, когда расчет освещения не входит в задание проекта.

Расчетная формула метода

где $P_{л}$ – мощность лампы, Вт;

N – число светильников;

– удельная мощность освещения; выбирается по таблицам справочной литературы в зависимости от типа светильника, размеров помещения, коэффициентов отражения стен и потолка, высоты подвеса светильников.

Эти таблицы составлены для напряжения питания 220 В, $k_3 = 1,3$ (лампы накаливания), $k_3 = 1,5$ (люминесцентные лампы). При переходе к другим условиям эксплуатации значения удельной мощности должны быть изменены:

1 При напряжении питания 127 В значение ρ следует умножить на 0,86.

2 Удельная мощность изменяется прямо пропорционально коэффициенту запаса.

Указание по выполнению работы

Таблица 9.1 – Геометрические размеры помещений объекта

№

по плану

Наименование Геометрические размеры

Длина,

мм Ширина,

мм Площадь

S, m^2

| | | на чер-теже | | на ме-сте | | на чер-теже | | на ме-сте | |
|---|---|-------------|-------|-----------|-------|-------------|--|-----------|--|
| | | | | | | | | | |
| 1 | Помещение хранения осенне-зимней реализации | 120 | 34839 | 59 | 17129 | 597 | | | |
| 2 | Помещение хранения весенней реализации | 77 | 22355 | 59 | 17129 | 383 | | | |
| 3 | Помещение товарной обработ-ки | 62 | 18000 | 16 | 4645 | 84 | | | |
| 4 | Служебное помещение | 17 | 4935 | 19 | 5516 | 27 | | | |
| 5 | Гардеробная | 12 | 3484 | 19 | 5516 | 19 | | | |
| 6 | Электрощитовая | 7 | 2032 | 19 | 5516 | 11 | | | |
| 7 | Машинное отделение | 13 | 3774 | 36 | 10452 | 39 | | | |
| 8 | Инвентарная | 7 | 2032 | 19 | 5516 | 11 | | | |
| 9 | Венткамера | 57 | 16548 | 19 | 5516 | 91 | | | |

Масштаб:

мм - фактическая длина объекта (на месте)

мм - действительная длина объекта (на чертеже)

Для вычисления фактических геометрических размеров помещений, нужно длину и ширину помещений умножить на коэффициент «k»

Таблица 9.2 – Светотехнические параметры помещений объекта

№ по плану Наименование Площадь помеще-ния

S, m^2 Светотехнические параметры

Нормируемая освещен-ность,

$E_{min}, лк$ Высота подвеса лампы, м Тип ламп Кол-во ламп Мощность лампы

РЛ, Вт

(энергосберегающие) Мощность лампы

РЛ, Вт

(накаливания) Удельная мощность общего равномерного освещения,

$\rho_{уд}, Вт/м^2$

| | | Помещение хранения | | | | осенне-зимней | | | |
|------------|-------------------------------|--------------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----------|
| | | | | | | | | | |
| реализации | 597 | 20 | 4,1 | ППР | 18 | 32 | 160 | 4,9 | |
| реализации | 383 | 20 | 4,1 | ППР | 13 | 32 | 160 | 6,5 | ве-сенней |
| 3 | Помещение товарной об-работки | 84 | | | | | | | |
| 50 | 4,1 | ППР | 8 | 32 | 160 | 20,5 | | | |
| 4 | Служебное помещение | 27 | 50 | 4,1 | ППР | 2 | 32 | 160 | 42,5 |

| | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|----|----|-----|-----|-----|----|-----|------|------|
| 5 | Гардеробная | 19 | 30 | 4,1 | ППР | 2 | 32 | 160 | 25,5 | |
| 6 | Электрощитовая | | 11 | 50 | 4,1 | ППР | 2 | 32 | 160 | 59,5 |
| 7 | Машинное отделение | | 39 | 50 | 4,1 | ППР | 6 | 32 | 160 | 34 |
| 8 | Инвентарная | 11 | 10 | 4,1 | ППР | 1 | 32 | 160 | 11,9 | |
| 9 | Венткамера | 91 | 30 | 4,1 | ППР | 4 | 32 | 160 | 12,3 | |

Полное количество ламп на чертеже:

1.1 Светотехнический расчет помещений методом удельной мощности

Количество ламп в помещении согласно этому методу определяется по формуле:

где W/m^2 – удельная мощность общего равномерного освещения
 m^2 – площадь помещения
 W – мощность лампы

Выполнение расчета

- количество ламп для первого помещения
- количество ламп для второго помещения
- количество ламп для третьего помещения
- количество ламп для четвертого помещения
- количество ламп для пятого помещения
- количество ламп для шестого помещения
- количество ламп для седьмого помещения
- количество ламп для восьмого помещения
- количество ламп для девятого помещения

Полное количество ламп на чертеже: .

Определим погрешность данного метода:

1.2 Светотехнический расчет помещений коэффициента использования светового потока

Расчет произведем только для первого помещения – «Помещение хранения осенне-зимней реализации»

Светильники размещаются на высоте, и определяется расчетная высота подвеса светильников.

- Расчетная высота

где H – высота помещения, м;
 h_1 – высота светильника, м;
 h_2 – высота рабочей поверхности, м;
 m

- Оптимальное расстояние между светильниками определяется, как

где K – относительное наивыгоднейшее расстояние светотехническое расстояние между светильниками типа ППР, имеющей косинусный тип КСС
 m

- Число светильников в ряду

где L – длина помещения, м;

Принимаем 6 светильников в ряду.

- Число рядов светильников

где l – длина помещения, м;

Принимаем 3 ряда светильников.

- Общее количество светильников в помещении

- Определим расстояние от крайнего ряда светильников до стены
м

- Определим индекс помещения

- Определим коэффициент использования светового потока

Значение коэффициента использования зависит от индекса помещения «i», коэффициентов отражения потолка « ρ_p », « ρ_{st} » стен, и пола « ρ_{pl} » помещения, а также высоты подвеса светильников « h ».

Исходя из имеющихся данных и справочного материала, выбираем коэффициент использования светового потока равный

- Определяем расчетный световой поток лампы светильника

где $E_{норм}$ – нормируемая освещенность

S – площадь помещения

– коэффициент запаса для помещений с малым содержанием пыли

– коэффициент неравномерности светового потока

– коэффициент использования светового потока

– Общее количество светильников в помещении

Отклонение светового потока выбранной лампы от расчетного значения допускается в пределах -10% ... +20%.

Лм

Выбираем лампу 200 Вт,

- Определим погрешность данного метода:

Как видно полученное отклонение светового потока находится в пределах допустимых значений.

Содержание отчета:

- 1) Название, цель работы;
- 2) Теоретический материал для выполнения работы;
- 3) Выполнить светотехнический расчет помещений методом удельной мощности;
- 4) Выполнить светотехнический расчет помещений коэффициента использования светового потока;
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы:

- 1) Назовите виды освещения в зависимости от источника света.
- 2) Назовите документ, который регламентирует нормы освещенности помещения.
- 3) Какими методами производим светотехнический расчет помещений.
- 4) Назовите допустимое отклонения номинального потока от действительного.

«ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DIALux 4.12»

Цель работы:

- 1) Освоить методику светотехнического расчета помещений объекта с использованием программного комплекса DIALux Light.
- 2) Освоить методику светотехнического расчета помещений объекта с использованием программного комплекса DIALux 4.12 с построением 3D модели.

Общие сведения

Прорывом в области светотехнических расчетов явилось появление программного комплекса DIALux, нацеленного на максимальное упрощение светотехнических расчетов, повышенную функциональность и открытость для любых производителей светотехнической продукции.

DIALux - программа для планирования и дизайна освещения, разрабатываемая с 1994 года DIAL GmbH - Немецким Институтом Прикладной Светотехники. Она распространяется бесплатно и может использовать данные светильников любых изготовителей.

DIALux - одна из самых эффективных программ для расчета освещения на рынке программного обеспечения. Она учитывает все современные требования к дизайну и расчету освещения. DIALux поддерживает международные и национальные стандарты европейских стран.

Расчет освещения и проектирование осветительных установок в DIALux
Интерфейс программы:

Рисунок 10.1— Интерфейс программы DIALux.

В заголовке окна имеется командная строка, ниже расположены панели кнопок и инструментов для быстрого выполнения команд и функций DIALux.

Слева на панели кнопок находятся кнопки «выбор поверхностей и элементов помещения», «разрешить или заблокировать выбор окон, дверей и расчетных поверхностей», «разрешить или заблокировать выбор мебели», «разрешить и заблокировать выбор отдельных светильников», «разрешить или заблокировать выбор групп светильников», «разрешить или заблокировать выбор расчетных точек».

Справа находятся кнопки, которыми можно управлять моделью: «выбрать объекты», «укрупнять и уменьшать вид», «поворачивать вид», «сместить вид», «перемещаться по сцене». Все эти кнопки позволяют быстро работать с моделью.

Вся остальная часть окна разделяется на 4 основные области работы. В левом верхнем углу находится Инспектор, который позволяет задавать параметры объектов в модели. В левом нижнем углу находится Проводник и окно Проектное дерево. Вся остальная часть отводится под CAD - окно. Эти четыре участка работы позволяют эффективное и наглядное планирование осветительной установки.

В каждой из этих областей можно вызывать определенную функцию программного обеспечения и соответственно обрабатывать объекты. CAD окно служит интерактивному планированию освещения. В нем можно графически, при помощи мыши, перемещаться по сцене, поворачивать, увеличивать (приближать), передвигать помещение, сцену на улице или стандартную дорогу.

Также большим плюсом этого окна является возможность просмотра модели со всех сторон. Функция увеличения/уменьшения 3D-модели сцены доступна с помощью колесика мыши.

Проектное дерево позволяет быструю работу с элементами планирования освещения. Каждый из элементов можно маркировать, изменять и видеть его свойства в Инспекторе.

Проводник открывает непосредственно этапы работы, необходимые для планирования. Он служит как «красная нить» и ведет пользователя быстро к цели. Инспектор позволяет рассматривать свойства каждого по-меченного объекта в CAD-представлении или в Проектном дереве. Здесь можно некоторые значения изменить.

1. Первым этапом в создании проекта осветительной установки является создание модели помещения с соблюдением всех точных геометрических размеров, кроме того, на данном этапе также вводятся значения коэффициентов отражения потолка, стен и пола. Полученную модель можно просмотреть в разных видах: вид в плане, вид сбоку, вид спереди и 3D-отображение.

2. Вторым этапом является создание моделей мебели, также создание модели входной двери. Мебель – дерево разделено на три подкаталога:

- Файлы готовой мебели или самопроизведенной мебели. Здесь можно также занести в память мебель от других производителей в форме от SAT-файлы.
- Стандартные геометрические тела, как квадрат, призма и т.д.

Из этого можно легко составлять новые объекты - это окна, двери, виртуальные поверхности расчета и элементы пола для наружной сцены. Объекты со специальными свойствами. В программе предусмотрена возможность внутри или вне помещения передвигать наличествующие объекты, поворачивать и маркировать, с помощью специального контекстного меню.

3. Третьим шагом является выбор текстуры поверхностей помещения и мебели, с помощью дерева текстуры. На данном этапе проектирования осуществляется выбор цвета, материала, коэффициентов отражения поверхностей мебели.

Текстурное дерево позволяет, аналогично как размещение мебели в помещении, изменять особенности плоскостей. Здесь находятся приведенные текстуры (картина поверхности), RGB-цвета, также здесь можно содержать свои собственные текстуры. В том случае, если текстура нанесена неправильно, ее можно корректировать.

4. Четвертым шагом является выбор светильников. Для этого существует отдельная структура-дерево. Пользователь имеет возможность выбрать для себя светильники от различных производителей – plugins, с которыми он регулярно работает. Эти светильники можно удалять и сохранять в «Собственном банке данных».

С выходом DIALux 3, и последующих версий программы, в собственном банке данных занесены демонстрационные светильники. Их можно удалять и заменять на реальные светильники от производителей. После того как геометрия помещения обработана, и все данные введены, запускается расчет.

Для выбора и просмотра результатов существует еще одно дерево. Результаты, помеченные красной галочкой на листе-символе, находятся сразу в распоряжении пользователя. Чтобы получить результаты без красной галочки, нужно сначала произвести расчет. Все результаты можно просматривать на экране.

Начиная с версии 3.1, в DIALux есть Ассистент DIALux Light. С помощью этого ассистента можно быстро и просто планировать расположение источников света. Таким образом, пользователи, которые редко работают с DIALux, могут использовать DIALux Light, без необходимости полностью обучаться использованию программы DIALux.

После инсталляции Вы найдете ярлык DIALux Light непосредственно на вашем рабочем столе около "нормального" ярлыка DIALux. Вы можете запустить ассистент одним двойным щелчком. Если Вы уже запустили DIALux, Вы найдете ассистент DIALux Light в меню Файл > Ассистенты.

Рисунок 10.2— Ассистент DIALux Light – ярлык DIALux Light

После запуска DIALux Light Вы увидите диалоговое окно приветствия. Следующие шаги будут описаны ниже. Если Вы просмотрели всю информацию в окне, щелкните на кнопке Далее.

Рисунок 10.3 - Ассистент DIALux Light – Начало

В окне Проектная информация, Вы можете ввести ваши данные и данные вашего клиента. Они появятся позже также на распечатке.

Рисунок 10.4 - Ассистент DIALux Light – Проектная информация

В окне Ввод данных Вы определяете геометрию комнаты в соответствующих полях. По умолчанию DIALux Light предлагает прямоугольную комнату. Если Вы установите флажок в поле L-образная комната, DIALux Light покажет Вам L-образную комнату. Длины сторон комнаты a, b, c и d показаны на рисунке. Вы можете изменять в соответствующих полях коэффициенты отражения потолка, стен и пола. Установленный коэффициент отражения стен применяется ко всем существующим стенам.

Рисунок 10.5— Ассистент DIALux Light – Ввод данных

Щелчок кнопкой Каталог откроет Вам доступ к каталогам светильников и Собственному банку данных (пользовательская база данных избранных светильников). В каталоге Вы можете выбрать светильник, который будете использовать в проекте, а затем щелкните Применить. Потом, пожалуйста, закройте каталог. Теперь DIALux Light показывает выбранный светильник в соответствующем поле. (По умолчанию, всегда отображается последний использованный светильник.)

Рисунок 10.6— Ассистент DIALux Light – Выбор каталога светильников

Рисунок 10.7 - Ассистент DIALux Light – Собственный банк данных

В окне Расчет и результаты DIALux Light попытается вычислить необходимое число светильников согласно методу эффективности, чтобы достичь требуемой освещенности. Вы можете ввести освещенность в поле Планируемая освещенность Em. Светильники, которые находятся вне комнаты, не рассматриваются в расчете DIALux Light.

Рисунок 10.8 - Ассистент DIALux Light – Расчет

Используя поля Горизонтальное расположение или Вертикальное расположение, Вы можете определить расстояния светильников друг от друга и от стены. Если Вы удовлетворены всеми введенными значениями, щелкните Рассчитать и DIALux Light запустит расчет.

Затем DIALux Light показывает результаты в виде рисунка из линий изолюкс и таблицы для рабочей плоскости.

Рисунок 10.9 - Ассистент DIALux Light – Результаты расчета

В окне Вывести результаты, Вы можете выбрать - печатать результаты или сохранить их в электронной форме как PDF файл. Щелкните для этого на соответствующей кнопке. Используя поля рядом с символами распечатки, Вы можете выбирать, какие результаты должны действительно распечатываться.

По умолчанию все результаты активированы. Если Вы захотите выбрать, например, только краткий обзор, активируйте только резюме. Если Вы хотите полностью представить результаты вашему клиенту, активируйте все результаты.

Рисунок 10.10 - Ассистент DIALux Light – Вывести результаты

Рисунок 10.11 - Ассистент DIALux Light – Результаты

роил

В конце Ассистента DIALux Light отображается заключительный диалог. После того, как Вы закроете DIALux Light, результаты расчета будут показаны как трехмерный тонированный вид в окне программы DIALux.

Здесь Вы имеете возможность сохранить результаты расчета с помощью меню Файл > Сохранить.

Указание по выполнению работы

За начальные условия примем (например, помещение №1 и №2): геометрические параметры указаны в таблице 1, высоту рабочей плоско-сти 0,01 м, краевую зона 0,0м, коэффициент уменьшения - 0,9. При расче-тах будем считать что в помещении стандартные полы, стены и потолок. Так необходимая освещенность для каждого помещения указанна в таб-лице 2.

Таблица 10.1 – Геометрические размеры помещений объекта №

| № по плану | Наименование | Геометрические размеры | | | | | |
|------------|---|------------------------|-----------|-------------|-----------|----------------|--|
| | | Длина, мм | | Ширина, мм | | Пло-щадь S, м2 | |
| | | на чер-теже | на ме-сте | на чер-теже | на ме-сте | | |
| 1 | Помещение хранения осенне-зимней реализации | 120 | 34839 | 59 | 17129 | 597 | |
| 2 | Помещение хранения весенней реализации | 77 | 22355 | 59 | 17129 | 383 | |
| 3 | Помещение товарной обработ-ки | 62 | 18000 | 16 | 4645 | 84 | |
| 4 | Служебное помещение | 17 | 4935 | 19 | 5516 | 27 | |
| 5 | Гардеробная | 12 | 3484 | 19 | 5516 | 19 | |
| 6 | Электрощитовая | 7 | 2032 | 19 | 5516 | 11 | |
| 7 | Машинное отделение | 13 | 3774 | 36 | 10452 | 39 | |
| 8 | Инвентарная | 7 | 2032 | 19 | 5516 | 11 | |
| 9 | Венткамера | 57 | 16548 | 19 | 5516 | 91 | |

Таблица 10.2 – Светотехнические параметры помещений объекта

| № по плану | Наименование | Площадь помеще-ния S, м2 | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------|-----------------------|---|----|--|-----|--|---------------|---|
| | | Светотехнические параметры | | | | | | | | | |
| E _{min} , лк | Высота подвеса лампы, м | Тип ламп | Кол-во ламп | Мощность лампы РЛ, Вт | Нормируемая освещен-ность, (энергосберегающие) РЛ, Вт | | | | | | Мощность лампы (накаливания) Руд, Вт/м2 |
| | | | | | Удельная мощность общего равномерного освещения, | | Удельная мощность общего равномерного освещения, | | Удельная мощность общего равномерного освещения, | | |
| 1 | Помещение хранения | 597 | 20 | 4,1 | ППР | 18 | 32 | 160 | 4,9 | осенне-зимней | |
| 2 | Помещение хранения | 383 | 20 | 4,1 | ППР | 13 | 32 | 160 | 6,5 | ве-сенней | |
| 3 | Помещение товарной об-работки | 84 | 50 | 4,1 | ППР | 8 | 32 | 160 | 20,5 | | |
| 4 | Служебное помещение | 27 | 50 | 4,1 | ППР | 2 | 32 | 160 | 42,5 | | |
| 5 | Гардеробная | 19 | 30 | 4,1 | ППР | 2 | 32 | 160 | 25,5 | | |
| 6 | Электрощитовая | 11 | 50 | 4,1 | ППР | 2 | 32 | 160 | 59,5 | | |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------------|----|----|-----|-----|---|----|-----|------|
| 7 | Машинное отделение | 39 | 50 | 4,1 | ППР | 6 | 32 | 160 | 34 |
| 8 | Инвентарная | 11 | 10 | 4,1 | ППР | 1 | 32 | 160 | 11,9 |
| 9 | Венткамера | 91 | 30 | 4,1 | ППР | 4 | 32 | 160 | 12,3 |

Полное количество ламп на чертеже:

1.1 Светотехнический расчет помещений объекта с использованием программного комплекса DIALux 4.12 с построением 3D модели

Помещение №1

Содержание отчета:

- 1) Название, цель работы;
- 2) Теоретический материал для выполнения работы;

- 3) Изучение интерфейса DIALux 4.12;
- 4) Расчет освещения и проектирование осветительных установок в DIALux 4.12;
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы:

- 1) Для чего предназначен программный комплекс DIALux.
- 2) Опишите интерфейс программного комплекса DIALux 4.12.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

«РАЗРАБОТКА МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ»

Цель работы:

- 1) Ознакомится с нормативными документами по составлению монтажных схем.
- 2) Составить монтажную схему для схемы управления транспор-тером ТС-1ПР.
- 3) Выполнить трассировку входящих в схему соединительных проводов.

Общие сведения

В данной работе нам нужно будет сделать монтажную схему. Да-вайте разберемся что такое схема, способы ее классификации, а также ее назначение.

Электрические схемы создаются для электриков всех специально-стей, имеют различные особенности оформления. Среди способов их классификации используется деление на:

- принципиальные;
- монтажные.

Оба типа схем взаимосвязаны. Они дополняют информацию друг у друга, выполняются по единым стандартам, понятным всем пользователям, имеют отличия по назначению:

- принципиальные электрические схемы создаются для показа принципов работы и взаимодействия составляющих элементов в порядке очередности их срабатывания. Они демонстрируют логику, заложенную в технологию применяемой системы;

Рисунок 11.1— Принципиальная схема распределительного щита

- монтажные схемы изготавливаются как чертежи или эскизы частей электрооборудования, по которым выполняется сборка, монтаж электроустановки. Они учитывают расположение, компоновку составных частей и отображают все электрические связи между ними.

Рисунок 11.2— Монтажная схема распределительного щита

Монтажные схемы создаются на основе принципиальных и содержат всю необходимую информацию по производству монтажа электро-установки, включая выполнение электрических соединений. Без их использования создать качественно, надежно и понятно для всех специалистов электрические подключения современного оборудования невозможно.

В электрических схемах графические условные обозначения элементов (приборов, электрических аппаратов) могут быть изображены как совмещенным, так и разнесенным способом.

Совмещенный способ изображения элементов на схемах

Все части каждого прибора, электрического аппарата располагают в непосредственной

близости и заключают обычно в прямоугольный, квадратный или круглый контур, выполненный сплошной тонкой линией (рис. 1, а). Совмещенный способ изображения в основном встречается в схемах электропитания приборов систем автоматики и других простых случаях.

Совмещенные изображения всегда применяют в монтажных схемах, например так, как показано на рис. 1, в, где изображено однообмоточное реле с двумя переключающими и одним импульсным контактами.

Рисунок 11.3 – Схема, выполненная совмещенным (а) и разнесенным (б) способами. Пример изображения реле (в) совмещенным способом

Разнесенный способ изображения элементов на схемах

Его применяют в основном в принципиальных электрических схемах, так как при этом способе совершенно отчетливо видны электрические цепи, что значительно облегчает чтение схем. В этом легко убедиться, рассмотрев рисунок 6.3, б, на котором разнесенным способом показана та же схема, что и на рисунке 6.3, а.

При разнесенном способе условные графические обозначения составных частей приборов, аппаратов располагают в разных местах, но таким образом, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Принадлежность изображаемых контактов, обмоток и других частей к одному и тому же аппарату устанавливается по позиционным обозначениям, проставленным вблизи изображений всех частей одного и того же аппарата.

Указание по выполнению работы

На схеме соединений должны быть изображены все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (соединители, платы, зажимы и т. п.), а также соединения между этими устройствами и элементами.

Устройства и элементы на схеме изображают:

устройства – в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний;

элементы – в виде условных графических обозначений, прямоугольников или упрощенных внешних очертаний.

При изображении элементов в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний допускается внутри их помещать условные графические обозначения элементов.

Входные и выходные элементы изображают в виде условных графических обозначений.

Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному размещению элементов и устройств в изделии.

Расположение изображений входных и выходных элементов или выводов внутри графических обозначений и устройств или элементов должно примерно соответствовать их действительному размещению в устройстве или элементе.

Допускается на схеме не отражать расположение устройств и элементов в изделии, если схему выполняют на нескольких листах или размещение устройств и элементов на месте эксплуатации неизвестно.

Элементы, используемые в изделии частично, допускается изображать на схеме не полностью, ограничиваясь изображением только используемых частей.

На схеме около графических обозначений устройств и элементов указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме.

Около или внутри графического обозначения устройства допускается указывать его наименование и тип и (или) обозначение документа, на основании которого устройство применено.

На схеме следует указывать обозначения выводов (контактов) элементов (устройств), нанесенные на изделие или установленные в их документации.

Если в конструкции устройства или элемента и в его документации обозначения входных и выходных элементов (выводов) не указаны, то допускается условно присваивать им обозначения на схеме, повторяя их в дальнейшем в соответствующих конструкторских документах.

При условном присвоении обозначений входным и выходным элементам (выводам) на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

При изображении на схеме нескольких одинаковых устройств обозначения выводов

допускается указывать на одном из них (например, цо-колевку электровакуумных приборов).

Устройства и элементы с одинаковыми внешними подключениями допускается изображать на схеме с указанием подключения только для одного устройства или элемента.

Устройства, имеющие самостоятельные схемы подключения, допускается изображать на схеме изделия без показа присоединения проводов и жил кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) к входным и выходным элементам.

При изображении на схеме соединителей допускается применять условные графические обозначения, не показывающие отдельные контакты.

В этом случае около изображения соединителя, на поле схемы или на последующих листах схемы помещают таблицы с указанием подключения контактов (рисунок 6.1).

При размещении таблиц на поле схемы или на последующих листах им присваивают позиционные обозначения соединителей, в дополнение к которым они составлены.

Допускается в таблицу вводить дополнительные графы (например, данные провода).

Если жгут (кабель – многожильный провод, электрический шнур, группа проводов) соединяет одноименные контакты соединителей, то допускается таблицу помещать около одного конца изображения жгута (кабеля – многожильного провода, электрического шнура, группы проводов).

Если сведения о подключении контактов приведены в таблице соединений, то таблицы с указанием подключения контактов на схеме допускается не помещать.

Рисунок 11.4 – Таблица с указанием подключения контактов

На схеме изделия внутри прямоугольников или упрощенных внешних очертаний, изображающих устройства, допускается изображать их структурные, функциональные или принципиальные схемы.

При отсутствии принципиальной схемы изделия на схеме соединений присваивают позиционные обозначения устройствам, а также элементам, не вошедшим в принципиальные схемы составных частей изделия, и записывают их в перечень элементов.

Провода, группы проводов, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) должны быть показаны на схеме отдельными линиями. Толщина линий, изображающих провода, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) на схемах, должна быть от 0,4 до 1 мм.

Для упрощения начертания схемы допускается сливать отдельные провода или кабели (многожильные провода, электрические шнуры), идущие на схеме в одном направлении, в общую линию.

При подходе к контактам каждый провод и жилу кабеля (многожильного провода, электрического шнура) изображают отдельной линией.

Допускается линии, изображающие провода, группы проводов, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры), не проводить или обрывать их около мест присоединения, если их изображение затрудняет чтение схемы.

В этих случаях на схеме около мест присоединения (рисунок 6.5а) или в таблице на свободном поле схемы (рисунок 6.5б) помещают сведения в объеме, достаточном для обеспечения однозначного соединения.

На схеме изделия, в состав которого входят многоконтактные элементы, линии, изображающие жгуты (кабели – многожильные провода, электрические шнуры, группы проводов), допускается доводить только до контура графического обозначения элемента, не показывая присоединения к контактам.

а)

б)

Рисунок 11.5 – Таблица схем присоединения

Указания о присоединении проводов или жил кабеля (многожильного провода, электрического шнура) к контактам приводят в этом случае одним из следующих способов:

□ у контактов показывают концы линий, изображающих провода или жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура), и указывают их обозначения. Концы линий направляют в сторону соответствующего жгута, кабеля (многожильного провода, электрического шнура), группы проводов (рисунок 6.6);

□ у изображения многоконтактного элемента помещают таблицу с указанием подключения контактов. Таблицу соединяют линией-выноской с соответствующим жгутом, кабелем, (многожильным проводом, электрическим шнуром) группой проводов (рисунок 6.7).

Вводные элементы, через которые проходят провода (группа проводов, жгуты, кабели – многожильные провода, электрические шнуры), изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах Единой системы конструкторской документации.

На схеме следует указывать обозначения вводных элементов, нанесенные на изделие.

Если обозначения вводных элементов не указаны в конструкции изделия, то допускается условно присваивать им обозначения на схеме соединений, повторяя их в соответствующей конструкторской документации. При этом на поле схемы помещают необходимые пояснения.

Рисунок 11.6 – Схема присоединения проводов или жил кабеля

Рисунок 11.7 – Схема присоединения проводов или жил кабеля

Одножильные провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) должны быть обозначены порядковыми номерами в пределах изделия.

Провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) следует нумеровать отдельно. При этом провода, входящие в жгут, нумеруют в пределах жгута, а жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) – в пределах кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

Примечания:

1. Допускается сквозная нумерация всех проводов и жил кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) в пределах изделия.

2. Допускается сквозная нумерация отдельных проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) в пределах изделия. При этом провода, входящие в жгут, нумеруют в пределах жгута, а жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) – в пределах кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

3. Допускается не обозначать жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) и отдельные провода, если изделие, на которое составляют схему, войдет в комплекс и обозначения жгутам, кабелям (многожильным проводам, электрическим шнурам) и проводам будут присвоены в пределах всего комплекса.

4. Допускается присваивать обозначения группам проводов.

Если на принципиальной схеме электрическим цепям присвоены обозначения в соответствии с ГОСТ 2.709, то всем одножильным проводам, жилам кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) и проводам жгутов присваивают те же обозначения.

На схеме при помощи буквенного (буквенно-цифрового) обозначения допускается определять функциональную принадлежность провода, жгута или кабеля (многожильного провода, электрического шнура) к определенному комплексу, помещению или функциональной цепи.

Буквенное (буквенно-цифровое) обозначение проставляют перед обозначением каждого провода, жгута, кабеля (многожильного провода, электрического шнура), отделяя его знаком дефиса. В этом случае буквенное (буквенно-цифровое) обозначение входит в состав обозначения каждого провода, жгута и кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

Дефис в обозначении допускается не проставлять, если это не внесет неясности в чтение схемы.

Если все провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры), изображенные на схеме, принадлежат к одному комплексу, помещению или функциональной цепи,

то буквенное (буквенно-цифровое) обозначение не проставляют, а на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

Номера проводов и жил кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) на схеме проставляют, как правило, около обоих концов изображений.

Номера кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) проставляют в окружностях, помещенных в разрывах изображений кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) вблизи от мест разветвления жил.

Номера жгутов проставляют на полках линий-выносок около мест разветвления проводов.

Номера групп проводов проставляют около линий-выносок.

Примечания:

1. При обозначении кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), а также при большом количестве кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), идущих на схеме в одном направлении, допускается номера кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) проставлять в разрыве линии без окружности.

2. При изображении на схеме проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) большой длины номера проставляют через промежутки, определяемые удобством пользования схемой.

На схеме должны быть указаны:

- для одножильных проводов – марка, сечение и, при необходимости, расцветка;
- для кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), записываемых в спецификацию как материал – марка, количество и сечение жил и, при необходимости, количество занятых жил. Количество занятых жил указывают в прямоугольнике, помещаемом справа от обозначения данного кабеля (многожильного провода, электрического шнура);

- для жгутов, кабелей и проводов, изготавливаемых по чертежам – обозначение основного конструкторского документа.

На схеме приводят характеристики входных и выходных цепей устройств и элементов или другие исходные данные, необходимые для выбора конкретных проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), если при разработке схемы комплекса данные о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) не могут быть определены.

Характеристики входных и выходных цепей рекомендуется указывать в виде таблиц, помещаемых взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов.

Данные (марку, сечение и др.) о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) указывают около линий, изображающих провода и кабели (многожильные провода, электрические шнуры).

В этом случае допускается обозначения проводам и кабелям (многожильным проводам, электрическим шнурам) не присваивать.

При указании данных о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) в виде условных обозначений эти обозначения расшифровывают на поле схемы.

Одинаковые марку, сечение и другие данные о всех или большинстве проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) допускается указывать на поле схемы.

Если на схеме не указаны места присоединений (например, не показаны отдельные контакты в изображении соединителей) или затруднено отыскание мест присоединения проводов и жил кабеля (многожильного провода, электрического шнура), то данные о проводах, жгутах и кабелях (многожильных проводов, электрических шнуров) и адреса их соединений сводят в таблицу, именуемую «Таблицей соединений».

Таблицу соединений следует помещать на первом листе схемы или выполнять в виде самостоятельного документа.

Таблицу соединений, помещаемую на первом листе схемы, располагают, как правило, над основной надписью. Расстояние между таблицей и основной надписью должно быть не менее 12 мм.

Продолжение таблицы соединений помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Таблицу соединений в виде самостоятельного документа выполняют на формате А4. Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по ГОСТ 2.104 (форма 2 и 2а).

Форму таблицы соединений выбирает разработчик схемы в зависимости от сведений, которые необходимо поместить на схеме (рисунок 6.5).

В графах таблиц указывают следующие данные:

- в графе «Обозначение провода» – обозначение одножильного провода, жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) или провода жгута;
- в графах «Откуда идет», «Куда поступает» – условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств;
- в графе «Соединения» – условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств, разделяя их запятой;
- в графе «Данные провода»:
- для одножильного провода – марку, сечение и, при необходимости, расцветку в соответствии с документом, на основании которого его применяют;
- для кабеля (многожильного провода, электрического шнура), записываемого в спецификацию как материал – марку, сечение и количество жил в соответствии с документом, на основании которого применяют кабель (многожильный провод, электрический шнур);
- в графе «Примечание» – дополнительные уточняющие данные.

При заполнении таблицы соединений следует придерживаться следующего порядка:

- при выполнении соединений отдельными проводами в таблицу записывают провода в порядке возрастания номеров, присвоенных им;
- при выполнении соединений проводами жгутов или жилами кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) перед записью проводов каждого жгута или жил каждого кабеля (многожильного провода, электрического шнура) помещают заголовок, например: «Жгут 1» или «Жгут АБВГ.ХХХХХХ.032»; «Кабель 3» или «Кабель АБВГ.ХХХХХХ.042»; «Провод 5». Провода жгута или жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) записывают в порядке возрастания номеров, присвоенных проводам или жилам;
- при выполнении соединений отдельными проводами, жгутами проводов и кабелями (многожильные провода, электрические шнуры) в таблицу соединений вначале записывают отдельные провода (без заголовка), а затем (с соответствующими заголовками) жгуты проводов и кабели (многожильные провода, электрические шнуры);
- если на отдельные провода должны быть надеты изоляционные трубки, экранирующие оплетки и т. п., то в графе «Примечание» помещают соответствующие указания. Допускается эти указания помещать на поле схемы.

Рисунок 11.8 – Таблица соединений

На схеме соединений около обоих концов линий, изображающих отдельные провода, провода жгутов и жилы кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) допускается указывать адрес соединений. В этом случае таблицу соединений не составляют. Обозначения проводам допускается не присваивать.

На поле схемы над основной надписью допускается помещать необходимые технические указания, например: требования о недопустимости совместной прокладки некоторых проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров); величины минимально допустимых расстояний между проводами, жгутами и кабелями (многожильными проводами, электрическими шнурами); данные о специфичности прокладки и защиты проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) и т. п.

Содержание отчета:

- 1) Название, цель работы;
- 2) Теоретический материал для выполнения работы;

- 3) Составление монтажной схемы для схемы управления транспортером ТС-1ПР;
- 4) Выполнение трассировки входящих в схему соединительных проводов;
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы:

- 1) Дайте определение электрической монтажной схемы?
- 2) Дайте определение электрической принципиальной схемы?
- 3) Охарактеризуйте совмещенный способ размещения элементов на схеме?
- 4) Охарактеризуйте разнесенный способ размещения элементов на схеме?
- 5) Взаимосвязаны ли между собой два этих способа?

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ к Практической работе 3 ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

1. Прямой удар молнии (поражение молнией) — непосредственный кон-такт канала молнии с зданием или сооружением, сопровождающийся про-теканием через него тока молнии.
2. Вторичное проявление молнии — наведение потенциалов на металличе-ских элементах конструкции, оборудования, в незамкнутых металлических контурах, вызванное близкими разрядами молнии и создающее опасность искрения внутри защищаемого объекта.
3. Занос высокого потенциала — перенесение в защищаемое здание или сооружение по протяженным металлическим коммуни-кациям (подземным, наземным и надземным трубопроводам, кабелям и т.п.) электрических по-тенциалов, возникающих при прямых и близких ударах молнии и созда-ющих опасность искрения внутри защищаемого объекта.
4. Молниеотвод — устройство, воспринимающее удар молнии и отводя-щее ее ток в землю.
В общем случае молниеотвод состоит из опоры; молниеприемника, непо-средственно воспринимающего удар молнии; токоотвода, по которому ток молнии передается в землю; заземлителя, обеспечивающего растекание то-ка молнии в земле.
В некоторых случаях функции опоры, молниеприемника и токоотвода совмещаются, например при использовании в качестве молниеотвода ме-таллических труб или ферм.
5. Зона защиты молниеотвода — пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью не ниже определенного значения. Наименьшей и постоянной надежностью обладает поверхность зоны защиты; в глубине зоны защиты надежность выше, чем на ее поверхности.
Зона защиты типа А обладает надежностью 99,5% и выше, а тина Б — 95 % и выше.
6. Конструктивно молниеотводы разделяются на следующие виды:
стержневые — с вертикальным расположением молниеприемника;
тросовые (протяженные) — с горизонтальным расположением молниепри-емника, закрепленного на двух заземленных опорах;
сетки — многократные горизонтальные молниеприемники, пересе-кающиеся под прямым углом и укладываемые на защищаемого объекта.
7. Отдельно стоящие молниеотводы — это те, опоры которых установлены на земле на некотором удалении от защищаемого объекта.
8. Одиночный молниеотвод — это единичная конструкция стержневого или тросового молниеотвода.
9. Двойной (многократный) молниеотвод — это два (или более) стержне-вых или тросовых молниеотвода, образующих общую зону защиты.
10. Заземлитель молниезащиты — один или несколько заглубленных в землю проводников, предназначенных для отвода в землю токов молнии или ограничения перенапряжений, возникающих на металлических корпу-сах, оборудовании, коммуникациях при близких разрядах молнии. Зазем-лители делятся на естественные и искусственные.
11. Естественные заземлители — заглубленные в землю метал-личес-кие и

железобетонные конструкции зданий и сооружений.

12. Искусственные заземлители — специально проложенные в земле контуры из полосовой или круглой стали; сосредоточенные конструкции, состоящие из вертикальных и горизонтальных проводников.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ГРОЗОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ГРОЗОПОРАЖАЕМОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Подсчет ожидаемого количества N поражений молнией в год производится по формулам:
для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, башни)

;

для зданий и сооружений прямоугольной формы

где h — наибольшая высота здания или сооружения, м; S, L — соответственно ширина и длина здания или сооружения, м; n — среднегодовое число ударов молнии в 1 км земной поверхности (удельная плотность, ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Для зданий и сооружений сложной конфигурации в качестве S и L рассматриваются ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание или сооружение в плане.

Расчет Одиночного молниеотвода

Для зоны типа А параметры зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода можно определить из выражений

$$(1.1)$$

$$(1.2)$$

$$(1.3)$$

Для зоны типа Б параметры зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода можно определить из выражений

$$(1.4)$$

$$(1.5)$$

$$; (1.6)$$

Величину r_x определяют по теореме Пифагора.

Для зоны типа Б высоту молниеотвода h при известных величинах h_x и r_x определяют по формуле

$$h = (r_x + 1,63h_x) / 1,5 \quad (1.7)$$

Радиус зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой менее 60 м определяют из выражения

а) при $0 < h_x < 2/3 \cdot h$

$$r_x = 1,5 (h - 1,25 \cdot h_x) \quad (1.8)$$

б) при $2/3 \cdot h < h_x < h$

$$r_x = 0,75(h - h_x) \quad (1.9)$$

Пример 1. Рассчитайте радиус зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой $h = 10$ м на высотах h_x 4, 6, 8 м.

Решение. Радиус зоны защиты r_x на высоте защищаемого объекта h_x определяется по формулам (1.8) и (1.9).

Для высот 4 и 6 м радиус зоны защиты определим по формуле (1.8), так как в этих случаях $0 < h_x < 2/3 h$; для высоты 8 м — по формуле (1.9), так как $2/3 h < h_x < h$

Вывод. Радиусы зоны защиты молниеотвода 7,5 м — на высоте 4 м; 3,75 м — на высоте 6 м и 1,5 м — на высоте 8 м.

Пример 2. Определить оптимальную высоту одиночного стержневого молниеотвода и размеры зоны защиты на высоте защищаемого объекта ($h_x = 7\text{ м}$) и на уровне земли для здания размером $15 \times 3\text{ м}^2$.

Решение. Определим g_x , используя теорему Пифагора

Высоту молниеотвода определим по формуле (1.9), выразив h
 $h = \sqrt{g_x^2/0,75} + h_x = (8,6/0,75) + 7 = 18,4\text{ м}$.

Зону защиты на уровне земли рассчитаем по формуле (1.6)

$r_0 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 18,4 = 27,6\text{ м}$.

Вывод. Для здания высотой 7 м необходим молниеотвод $18,4\text{ м}$.

Примечание к Практической работе №4

Выбор устройства компенсации реактивной мощности

Методика выбора устройств компенсации реактивной мощности (КРМ) заключается в выборе устройств, позволяющих улучшить коэффициент мощности потребителя до требуемого значения и состоит из следующих этапов:

- выбор места установки устройства КРМ;
- вычисление мощности устройства КРМ;
- проведение необходимых проверок и расчетов;
- собственно выбор устройства КРМ.

Выбор места установки устройства КРМ

В зависимости от особенностей конкретной электроустановки устройства КРМ могут быть установлены, как показано на рис. 1.

Рис.1 – Выбор места установки устройства КРМ

- 1. На вводе на стороне СН.
- 2. На главной распределительной шине.
- 3. На вторичной распределительной шине.
- 4. Индивидуальные конденсаторы на нагрузок.

Вычисление мощности устройства КРМ, проведение необходимых проверок и расчетов

В общем случае мощность устройства КРМ определяется по формуле:

где:

- $K_c = \text{tg}\phi_1 - \text{tg}\phi_2$;
- Q_c – мощность установки КРМ;
- P – активная мощность;
- $\text{tg}\phi_1$ – фактический тангенс угла до применения установки КРМ;
- $\text{tg}\phi_2$ – требуемый тангенс угла;
- K_c – расчетный коэффициент.

Для определения коэффициента K_c существует специальная таблица по которой, зная $\cos\phi_1$ и $\cos\phi_2$, можно определить данный коэффициент, не прибегая к математическим вычислениям.

Способ вычисления активной мощности P , а также проведение необходимых проверок и расчетов устройства КРМ зависит от места его установки. Далее будет приведен пример ее вычисления в случае установки устройства КРМ на главной распределительной шине.

Выбор устройства КРМ

Устройства КРМ выбираются по следующим техническим характеристикам:

- номинальная мощность;
- номинальное напряжение;
- номинальный ток;

- количество подключаемых ступеней;
- необходимость защиты от резонансных явлений с помощью реакто-ров.

Необходимая мощность набирается ступенями по 25 и 50 квар, при этом количество ступеней не должно превышать количество выходов контролле-ра, устанавливаемого в установку КРМ, так как к каждому выходу может быть подключена одна ступень.

Количество выходов контроллера обозначается цифрой, например, RVC6 (фирмы АББ) имеет 6 выходов.

В случае необходимости защиты от резонансных явлений требуется применение защитных реакторов (трехфазных дросселей), в таком случае должны выбираться установки, например типа MNS MCR и LK ACUL (фир-мы АББ).

Пример выбора устройств КРМ

Ниже приведен пример выбора устройств КРМ для сети, показанной на рис.2.

Рис.2 – Однолинейная схема ГРЩ без УКРМ

Технические характеристики устройств, образующих сеть, следующие:

Питающая сеть:

- Номинальное напряжение 10 кВ;
- Частота 50 Гц;
- Коэффициент мощности $\cos\phi = 0,75$;

Трансформаторы 1, 2:

- Номинальное напряжение первичной обмотки 10 кВ;
- Номинальное напряжение вторичной обмотки 400 В;
- Номинальная мощность $S = 800$ кВА;

Данные по кабелям и нагрузкам, подключаемым через вторичные рас-пределительные щиты, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Выбор места установки устройства КРМ

В качестве места установки устройств КРМ приняты главные распре-делительные шины, как показано на рис. 3.

Рис.3 – Однолинейная схема ГРЩ с УКРМ

1. Требуемые мощности устройств определим по формуле:

2. Суммарные активные мощности нагрузок, получающих питание от каждого из двух трансформаторов, определим по формуле:

подставив значения из таблицы 1, получим:

- суммарная нагрузка на первый трансформатор:

- суммарная нагрузка на второй трансформатор:

3. Определяем средневзвешенный $\cos\phi$ для первого трансформатора по формуле:

4. Определяем средневзвешенный $\cos\phi$ для второго трансформатора по формуле:

5. Определим коэффициент K_c при помощи таблицы 2, учитывая, что требуемый $\cos\phi_2 = 0,95$.

Получим:

- для первого устройства КРМ $K_{с1} = 0,474$;
- для второго устройства КРМ $K_{с2} = 0,526$.

6. Зная для каждого трансформатора $K_{с}$ и P , определим требуемые мощности устройств КРМ:

- для первого трансформатора:

- для второго трансформатора:

Расчет мощности устройства КРМ на основе баланса мощности

7. Определим мощность устройства КРМ по формуле [Л5. с 229].

- для первого трансформатора:

- для второго трансформатора:

где:

- P – суммарная нагрузка на трансформатор, кВт;
- $\text{tg}\phi_1$ – фактический тангенс угла до применения установки КРМ;
- $\text{tg}\phi_2$ – требуемый тангенс угла;

8. Определяем $\text{tg}\phi_1$ и $\text{tg}\phi_2$ зная $\cos\phi_1$ и $\cos\phi_2$:

- для первого трансформатора $\text{tg}\phi_1$:

- для первого и второго трансформатора $\text{tg}\phi_2$:

- для второго трансформатора $\text{tg}\phi_1$:

Как видно из двух вариантов расчета мощности КРМ, значения требуемой мощности практически не отличаются. Какой из вариантов выбора мощности устройства КРМ использовать, решайте сами. Я принимаю мощность устройства КРМ по варианту с определением коэффициента $K_{с}$ по таблице 2.

Соответственно принятая требуемая мощность устройства КРМ составляет 270 и 300 квар.

9. Рассчитаем номинальный ток устройства КРМ для первого трансформатора:

10. Рассчитаем номинальный ток устройства КРМ для второго трансформатора:

Защита УКРМ

При выборе автоматических выключателей для защиты устройства КРМ, нужно руководствоваться ПУЭ 7-издание пункт 5.6.15. Согласно которому аппараты и токоведущие части в цепи конденсаторной батареи должны допускать длительное прохождение тока, составляющего 130% номинального тока батареи.

Определяем уставку по защите от перегрузки:

- для УКРМ1: $390 \cdot 1,3 = 507 \text{ А}$
- для УКРМ2: $434 \cdot 1,3 = 564 \text{ А}$

Уставка защиты от КЗ должна быть нечувствительна к броску тока. Уставка составляет $10 \times$

I_n .

Определяем уставку защиты от КЗ:

- для УКРМ1: $390 \times 10 = 3900 \text{ А}$
- для УКРМ2: $434 \times 10 = 4340 \text{ А}$

Проверка установки КРМ на отсутствие резонанса

В данном примере проверка установки КРМ на отсутствие резонанса не выполнялась, из-за отсутствия нелинейной нагрузки, а также отсутствия существенных искажений в сети 10 кВ.

В случае же, если у Вас преобладает нелинейная нагрузка, нужно выполнить проверку УКРМ на отсутствие резонанса, а также выполнить расчет качества электрической энергии после установки УКРМ и загрузку батарей статических конденсаторов (БСК).

Для удобства расчета по выбору устройства компенсации реактивной мощности, я к данной статье прикладываю архив со всей технической литературе, которую использовал при выборе УКРМ.

Пример:

Активная мощность 300 кВт.

Действующий $\cos(\phi) = 0,7$.

Требуемый (желаемый) $\cos(\phi) = 0,96$.

Определяем из таблицы значение коэффициента $k = 0,73$.

Следовательно, требуемая мощность конденсаторной установки КРМ-0,4 (УКМ-58) $Q_c = 0,73 \times 300 = 219 \text{ кВАр}$.

Следует отметить, что обычно не рекомендуется компенсировать реактивную мощность полностью (до $\cos(\phi) = 1$), так как при этом возможна перекомпенсация (за счет переменной величины активной мощности нагрузки и других случайных факторов). Обычно стараются достигнуть значения $\cos(\phi) = 0,90 \dots 0,95$.

Резонансные явления в электроустановках зданий.

Основным условием нормального функционирования и безаварийной работы электронного оборудования жилого здания является качественное напряжение во всех элементах электроустановки, т.е. на шинах низкого напряжения (НН) трансформаторов, в главных распределительных щитах (ГРЩ) и в поэтажных электрощитах. При этом качество питающего напряжения у конечного потребителя, например в поэтажном электрощите, питающем компьютерные нагрузки, обычно хуже, чем качество напряжения в главном распределительном электрощите здания, из-за падения напряжения в кабельной линии, питающей этот электрощит. Одним из малоизученных явлений, влияющих на качество питающего напряжения, в том числе и у конечных электропотребителей, является резонанс токов (параллельный резонанс) в электроустановках зданий. Это опасное явление возникает при наличии и возрастании доли нелинейных электропотребителей (прежде всего «компьютерных» и аналогичных им нагрузок) и одновременном практически повсеместном использовании установок компенсации реактивной мощности (УКРМ), подключенных к шинам низкого напряжения трансформатора.

Чтобы говорить о явлении резонанса более предметно, необходимо рассмотреть причины его возникновения. Как уже говорилось выше, резонанс связан с работой силовых трансформаторов и установок компенсации реактивной мощности. В общем представлении это есть не что иное, как хорошо известный из теории электротехники резонансный контур.

В этой схеме имеется цепь с двумя параллельными ветвями: одна – с сопротивлением и индуктивностью (параметры обмоток трансформатора), а другая – с емкостью установки компенсации реактивной мощности. Для этой цепи наступает резонанс, когда $x = x_L \times x_C = 0$, или $x_L = x_C$. Из этого условия следует, что резонанса можно достичь, изменяя параметры цепи – индуктивность или емкость. Угловая частота, при которой наступает резонанс, называется резонансной угловой частотой. Применительно к условиям действующей электроустановки здания можно сказать, что установка компенсации реактивной мощности является в контуре емкостью, а трансформатор – индуктивностью. Таким образом, индуктивность обмоток трансформатора, а также количество включенных конденсаторов на УКРМ и определяют резонансную частоту рассматриваемой цепи.

Резонанс, возникающий на шинах трансформатора, приводит к резкому увеличению тока и изменению его гармонического состава в резонансном контуре, кроме того, при резонансе наблюдается ухудшение качества питающего напряжения на шинах низкого напряжения

трансформатора. Рассмотрим более подробно последствия, которые могут возникать в электроустановке здания при возникновении резонансных явлений:

А) Ухудшение качества питающего напряжения. Итак, как было сказано выше, при резонансе на шинах трансформатора происходит резкое ухудшение качества питающего напряжения, а именно увеличение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, а также коэффициентов n -й гармонической составляющей напряжения. Рассмотрим влияние резонанса на работу источников бесперебойного питания. Плохое качество питающего напряжения на входе в ИБП может приводить к неправильной работе этих устройств. В качестве примера рассмотрим случай, когда к разным секциям трансформаторной подстанции подключены два одинаковых ИБП. Все параметры электрической сети (длина и сечение кабельных линий), а также мощность, тип и схема подключения источников бесперебойного питания абсолютно идентичны. Единственное отличие – это наличие мощной двигательной нагрузки на 1-й секции шин трансформаторной подстанции. Сравним такие показатели качества, как коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения. В питающем напряжении электропита UPS 2 гармоника частотой 550 Гц превышает ту же гармонику в напряжении электропита UPS 1 более чем в 2 раза. Это свидетельствует о наличии резонансных явлений, обусловленных емкостью работающих конденсаторов установки компенсации реактивной мощности (УКРМ), установленной на шинах 2-й секции ТП, и индуктивностью трансформатора Т2. Как было отмечено, схема подключения и все параметры ИБП абсолютно одинаковы. В связи с этим возникает резонный вопрос: почему резонанс наблюдается только на 2-й секции шин трансформатора? Дело в том, что к 1-й секции, помимо мощного нелинейного электропотребителя, генерирующего ток резонансной гармоники (550 Гц), подключена двигательная нагрузка мощностью 150 кВт. Последняя является мощной линейной нагрузкой и демпфирует нелинейную нагрузку, в данном случае UPS 1, снижая тем самым «остроту» резонансных явлений. Плохое качество питающего напряжения на входе в UPS 2 может негативно сказываться и на работе самого источника бесперебойного питания. Конструктивно в ИБП входят выпрямитель, а также инвертор, который вырабатывает синусоидальное напряжение, поступающее на нагрузку. Кроме того, в каждом ИБП средней и большой мощности обязательно присутствует система управления. Поскольку инвертор управляется микропроцессором, а выпрямитель представляет собой полупроводниковый преобразователь, то плохое качество питающего напряжения на входе в ИБП с большой долей вероятности может приводить к ошибкам в работе всех вышеперечисленных внутренних устройств ИБП. Следствием этого является низкое качество питающего напряжения непосредственно у конечных электропотребителей, которые, в случае питания от ИБП, как правило, являются наиболее ответственными в электроустановке здания.

Б) Влияние резонанса на условия работы силовых трансформаторов. При возникновении резонанса токи, протекающие по обмоткам силовых трансформаторов, приводят к принципиальным изменениям в условиях работы последних. Номинальные условия работы трансформаторов, а также их конструктивное исполнение, как правило, выбираются для токов и напряжений частотой 50 Гц. При этом допустимая несинусоидальность протекающих по обмоткам токов принимается не более 5%. При работе двух ступеней УКРМ наблюдается резонанс токов по 11-й гармонике промышленной частоты на участке цепи «Трансформатор-УКРМ». Это является следствием работы ИБП, подключенного к этой секции шин трансформатора. Амплитуда тока резонансной гармоники, протекающего по обмоткам трансформатора Т2, достигает 100 А, и, как следствие его несинусоидальность превышает 30%. Известно, что при протекании несинусоидальных токов по обмоткам трансформаторов, за счет явлений поверхностного эффекта и эффекта близости резко возрастают тепловые потери в них, кроме того возникают потери, связанные с магнитными потоками рассеяния. Это приводит к значительному повышению температуры элементов трансформатора даже при токах, величина которых существенно ниже номинальных для трансформатора данного типа и мощности.

В) Резонанс и установки компенсации реактивной мощности. Как это ни парадоксально, но и сами установки компенсации реактивной мощности «страдают» от резонанса. Резонансный ток, протекая по участку цепи «Трансформатор-УКРМ», является несинусоидальным и, так же как и в случае с трансформатором, негативно влияет на конденсаторные батареи установленные в УКРМ, вызывая их дополнительный нагрев. Емкостное сопротивление конденсаторов с повышением частоты подводимого к ним напряжения уменьшается. Поэтому, если в напряжении присутствуют

высшие гармонические составляющие, то сопротивление конденсаторов на этих гармониках оказывается значительно ниже, чем на частоте 50 Гц. Из-за этого даже небольшое увеличение несинусоидальности напряжения может вызывать значительные токи гармоник, протекающих через установку компенсации реактивной мощности. Следствием этого являются преждевременный выход из строя УКРМ, перегрев, вспучивание, а иногда и взрывы конденсаторных батарей.

Что касается ограничения негативных последствий явления резонанса, то можно выделить несколько положений. Во-первых, нужно выяснить, насколько необходима постоянная работа установок компенсации реактивной мощности в электроустановке здания. До недавнего прошлого УКРМ устанавливались на трансформаторных подстанциях практически «по умолчанию». Это объяснялось тем, что основную часть нагрузок здания составляли линейные электропотребители (двигатели, нагревательные элементы и т.д.), т.е. те, которые имели преимущественно активно индуктивный характер нагрузки. В связи с этим требовалось повышение коэффициента мощности, и УКРМ включались в работу. В настоящее время из-за значительного увеличения мощностей, потребляемых современным электронным оборудованием, необходимость работы установок компенсации реактивной мощности в целом, а также выбор режима их работы напрямую связаны с вопросами электромагнитной совместимости различных устройств в электроустановке здания. Иными словами, следует четко представлять, что в современных условиях эксплуатации работа УКРМ связана не только с компенсацией реактивной мощности, но и с условиями работы силовых трансформаторов, а также с качеством питающего напряжения и с режимами потребления токов.

Примечание к Практической работе №5

Геометрическая модель – это набор геометрических объектов, с заданными связями между элементами набора и свойствами материалов, источниками поля, граничными условиями.

Основными типами геометрических объектов модели являются вершина, ребро и блок.

Вершина представляет собой точку на плоскости. Координаты такой точки могут быть введены пользователем вручную или вычислены как координаты пересечения пары ребер. С каждой вершиной можно связать шаг дискретизации и метку. Величина шага дискретизации задает примерное расстояние между соседними узлами сетки конечных элементов поблизости от данной вершины. Метка вершины используется для задания, к примеру, линейного источника поля или нагрузки.

Ребро представляет собой отрезок прямой или дугу окружности, соединяющие две вершины. Ребра модели не пересекают друг друга. Создаваемое новое ребро разбивается на части каждой лежащей на нем вершиной модели и каждой точкой пересечения с уже существующим ребром модели. В точках пересечений автоматически создаются новые вершины, которые в свою очередь делят на части уже существующие ребра. С каждым ребром может быть связана метка.

Блок представляет собой связную подобласть плоскости модели, внешняя граница которой образована последовательностью ребер. Внутри блоков могут находиться дыры. Каждая из границ, отделяющих блок от внутренних дыр, образовывается либо последовательностью ребер, либо одной изолированной вершиной. В каждом блоке, входящем в расчетную область, должна быть построена сетка конечных элементов. Кроме этого, поскольку в непомеченных блоках расчет поля не производится даже при наличии сетки конечных элементов, с блоком, входящим в расчетную область, должна быть обязательно связана метка. Сетку конечных элементов можно построить в любом наборе блоков модели. Ее плотность зависит от значений связанных с вершинами модели шагов дискретизации, которые можно либо рассчитать автоматически, либо задать для отдельных вершин вручную. Связанная с блоком метка, используется для, например, описания физических свойств среды или задания распределенных источников поля.

Метка представляет собой текстовую строку длиной до 16 символов. Метки позволяют ассоциировать геометрические объекты модели (блоки, ребра и вершины) с численными значениями физических свойств реальных объектов: свойств материалов, нагрузок и граничных условий. Метка не может начинаться с пробела, а пробелы в конце метки игнорируются. Заглавные и строчные буквы считаются различными.

Шаг дискретизации задает примерное расстояние между соседними узлами сетки конечных элементов вблизи вершины геометрической модели. Задавая шаги дискретизации, можно управлять плотностью сетки конечных элементов и, тем самым, точностью решения в тех или иных частях рас-

четной области.

Программа ELCUT решение задач:

1. Переменный ток в плоском конденсаторе

Тип задачи:

Плоско-параллельная задача расчета электрического поля переменных токов.

Геометрия:

Дано:

Относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\epsilon = 10$.

Электропроводность диэлектрика $g = 10^{-10}$ См/м;

Напряжение $U = 5$ В,

Частота $f = 1000$ кГц.

Тангенс угла потерь $\tan(\delta) = 0.01$.

Задача:

Найти ток и мощность потерь плоского конденсатора с неидеальным диэлектриком внутри.

Решение:

Конденсатор с неидеальным диэлектриком может быть заменен электрической схемой с идеальным конденсатором C и сопротивлением R , соединенными параллельно. Ток I имеет две компоненты: активную I_A и реактивную I_R

Ток проводимости через диэлектрик очень мал и может быть получен, если задать истинное значение электропроводности g .

Диэлектрические потери вызывают увеличение активного тока I_A . Это может быть смоделировано, заданием эффективной электропроводности

$$g_{\text{apparent}} = 2\pi f \cdot \epsilon \epsilon_0 \cdot \tan(\delta) = 2 \cdot 3.142 \cdot 1000000 \cdot 10 \cdot (8.854 \cdot 10^{-12}) \cdot 0.01 = 5.56 \cdot 10^{-6} \text{ См/м.}$$

Результаты:

Векторы тока и распределение потенциала в диэлектрике конденсатора

$$\tan(\delta) = |P_A / P_R| = 0.0000695 / 0.00695 = 0.01.$$

2. Изоляция кабеля постоянного тока одновременно находится под воздействием теплового и электрического полей. Дефекты в изоляции могут приводить к локальному перегреву из-за протекания токов утечки. Рассчитать ток, протекающий через изоляцию с локальным дефектом.

Тип задачи:

Плоско-параллельная задача электрического поля постоянного тока.

Геометрия:

Дано:

Электропроводность изоляции γ - зависит от температуры;

Потенциал проводника $U = 10$ кВ;

Потенциал оболочки кабеля $U = 0$ В;

Температура кабеля $T = 80$ °C (353 К);

Локальный перегрев $T_{\text{max}} = 120$ °C (393 К).

Задача:

Рассчитать токи, протекающие через изоляцию.

Решение:

Глубина модели принята 10 см, что соответствует размеру дефекта.

Результаты:

Ток утечки, I

Без дефекта,

$T_{\text{max}}=80$ °C $1.24 \cdot 10^{-8}$ А (124 мкА/км)

С дефектом,

$T_{\text{max}}=120$ °C $1.255 \cdot 10^{-8}$ А

Распределение плотности тока в изоляции вблизи дефекта.

Образец задания

Помещение №2

НОРМИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОСВЕЩЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ, ЖИЛЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

| Помещения | Плос-кость (Г - горизон-тальная, В - вер-тикаль-ная) норми-рования осве-щенно-сти и КЕО, высота плоско-сти над полом, м | | | | Раз-ряд и подразряд зри-тель-ной рабо-ты | | | | Искусственное освещение | | | | Естественное освещение | | | | Совмещенное освещение | | | |
|---|---|---------------------------------------|------------|-----------------------|--|--|-----|-------------------------|--|-----|----|--|---|--|--|--|---|--|--|--|
| | Освещенность рабочих поверх-ностей, лк | | | | Цилин-дриче-ская освещен-ность, лк | | | | Пока-затель дис-ком-форта, не бо-лее КЕО ен, % | | | | Коеф-фициент пульса-ции осве-щенно-сти, %, не более | | | | Коеф-фициент пульса-ции осве-щенно-сти, %, не более | | | |
| | | при ком-биниро-ванном освещении | | при об-щем осве-щении | | при верх-нем или комбини-рованном освеще-нии | | при боко-вом осве-щении | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | | | | | |
| Административные здания (министерства, ведомства, комитеты, префектуры, муниципалитеты, управ-ления, конструкторские и проектные организации, научно-исследовательские учреждения и т.п.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Кабинеты | и | рабочие | комнаты | Г-0,8 | Б- | | | | | | | | | | | | | | |
| 400/200 | 300 | - | 40 | 15 | 3,0 | 1,0 | 1,8 | 0,6 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Проект-ные залы и комнаты, конструк-торские, чертежные бюро | Г-0,8 | А-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 600/400 | 500 | - | 40 | 10 | 4,0 | 1,5 | 2,4 | 0,9 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Книго-хранилища и архивы, помещения фонда от-крытого до-ступа | В-1,0 (на стелла-жах) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - | 75 | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Макет-ные, столяр-ные и ре-монтные мастерские | Г-0,8, на верста-ках и рабочих столах | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Шв | 750/200 | 300 | - | 40 | 15/20 | - | - | 3,0 | 1,2 | | | | | | | | | | | |
| 5 | Помеще-ния для ра-боты с дис-плеями и видеотерми-налами, дисплейные залы | В- | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,2 | (на | экране | дисплея) | Б- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | - | 200 | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Г-0,8 | на | рабочих | столах | А- | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500/300 | 400 | - | 15 | 10 | 3,5 | 1,2 | 2,1 | 0,7 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Конфе-ренц-залы, | залы | засе-даний | Г- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,8 | Г | - | 300 | 75 | 60 | 20 | 2,5 | 0,7 | 1,5 | 0,4 | | | | | | | | | | |
| 7 | Читаль-ные | залы | Г-0,8 | А- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 500/300 | 400 | 150 | 40 | 15 | 3,5 | 1,2 | 2,1 | 0,7 | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|-----|---------|----|--------|------|------|------|--------|-----|---|---------------|
| 8. | | | | | | | | | | | | | Кулуары |
| (фойе) | Пол | Е | - | 150 | 50 | 90 | - | - | - | - | - | - | - |
| 9. | Лаборатории: органической и неорганической химии, термические, физические, спектрографические, стилметрические, фотометрические, микроскопные, рентгено-структурного анализа, механические и радиоизмерительные, электронных устройств, препаративские | | | | | | | | | | | | |
| 0,8 | А-2 | 500/300 | 400 | - | 40 | 10 | 3,5 | 1,2 | 2,1 | 0,7 | | | Г- |
| 10. | Аналитические лаборатории | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 600/400 | 500 | - | 40 | 10 | 4,0 | 1,5 | 2,4 | 0,9 | | | | Г-0,8 А- |
| Учреждения общего образования, начального, среднего и высшего специального образования | | | | | | | | | | | | | |
| 11. | Классные комнаты, аудитории, учебные кабинеты, лаборатории общеобразовательных школ, школ-интернатов, среднеспециальных и профессионально-технических учреждений | | | | | | | | | | | | |
| 1 | - | 500 | - | - | 10 | - | - | - | - | - | - | - | А- |
| 2 | Г-0,8 | | на | рабочих | | столах | | и | | партах | | | А- |
| 2 | - | 400 | - | 40 | 10 | 4,02 | 1,52 | 2,1 | 1,3 | | | | |
| 12. | Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории в техникумах и высших учебных заведениях | | | | | | | | | | | | |
| 2 | - | 400 | - | 40 | 10 | 3,5 | 1,2 | 2,1 | 0,7 | | | | А- |
| 13. | Кабинеты информатики и вычислительной техники | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Г-0,8 | | на | рабочих | | столах | | и | | партах | | | А- |
| 2 | 500/300 | 400 | - | 15 | 10 | 3,5 | 1,2 | 2,1 | 0,7 | | | | |
| 14. | Кабинеты технического черчения и рисования | | | | | | | | | | | | |
| 1 | - | 500 | - | 40 | 10 | - | - | - | - | | | | А- |
| 1 | Г-0,8 | | на | рабочих | | столах | | и | | партах | | | А- |
| 1 | - | 500 | - | 40 | 10 | 4,0 | 1,5 | 2,1 | 1,3 | | | | |
| 15. | Мастерские по обработке металлов и древесины | | | | | | | | | | | | |
| 2 | ШБ | 1000/200 | | 300 | - | 401 | 15 | - | - | 3,0 | 1,2 | | |
| 16. | Кабинеты обслуживающих видов труда для девочек | | | | | | | | | | | | |
| 2 | - | 400 | - | 40 | 10 | 4,02 | 1,52 | 2,1 | 1,3 | | | | А- |
| 17. | Спортивные залы | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Пол, Г-0,0 | Б-2 | - | 200 | - | 60 | 20 | 2,52 | 0,72 | 1,5 | 0,4 | | |
| 18. | Спортивные залы В - на уровне 2,0 м от пола с обеих сторон на продольной оси помещения | | | | | | | | | | | | |
| 1 | - | - | - | 75 | - | - | - | - | - | - | - | | |
| 19. | Крытые бассейны | | | | | | | | | | | | |
| 1 | - | 150 | - | 60 | 20 | 2,0 | 0,5 | 1,5 | 0,4 | | | | В- |
| 20. | Актовые залы, киноаудитории | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | Д | - | 200 | 75 | 90 | - | - | - | - | - | - | | Г- |
| 21. | Эстрады актовых залов | | | | | | | | | | | | |
| 1,5 | Г | - | 300 | - | - | - | - | - | - | - | - | | В- |
| 22. | Кабинеты и комнаты преподавателей | | | | | | | | | | | | |
| 1 | - | 300 | - | 40 | 15 | 3,0 | 1,0 | 1,8 | 0,6 | | | | Г-0,8 Б- |
| 23. | Рекреации | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | Е | - | 150 | - | 90 | - | 2,0 | 0,5 | 1,2 | 0,3 | | | Г- |
| Предприятия общественного питания | | | | | | | | | | | | | |
| 24. | Обеденные залы ресторанов, столовых | | | | | | | | | | | | |
| 2 | - | 200 | - | 60 | 20 | - | - | - | - | | | | Г-0,8 Б- |
| 25. | Раздаточные | | | | | | | | | | | | |
| 1 | - | 300 | - | 40 | 15 | - | - | - | - | | | | Г-0,8 Б- |
| 26. | Горячие цехи, холодные цехи, доготовочные и заготовительные цехи | | | | | | | | | | | | |
| 2 | - | 200 | - | 60 | 20 | - | - | 1,2 | 0,3 | | | | Г-0,8 Б- |
| 27. | Моечные кухонной и столовой посуды, помещения для резки хлеба, помещение заведующего производством | | | | | | | | | | | | |
| 2 | - | 200 | - | 60 | 20 | - | - | 1,5 | 0,4 | | | | Г-0,8 Б- |
| Жилые дома, общежития | | | | | | | | | | | | | |
| 28. | Жилые комнаты, гостиные, спальни | | | | | | | | | | | | |
| 1 | - | 1503 | - | - | - | 2,0 | 0,5 | - | - | | | | Пол, Г-0,0 В- |

| | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|-------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|------------------|-------|------|----|
| 1 | 28. | Кухни | | | | Пол, | | Г-0,0 | | В- | |
| - | 1503 | - | - | - | 2,0 | 0,5 | 1,2 | 0,3 | | | |
| 2 | 29. | Коридоры, | ванные, | | уборные | | Пол, | Г-0,0 | | Ж- | |
| - | 1503 | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | 30. | Общедомовые помещения: | | | | | | | | | |
| 1 | а) | вести-бюли | | | | Пол, | | Г-0,0 | | З- | |
| - | 30 | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| 2 | б) | позтаж-ные | коридоры | и | лифто-вые | холлы | | Пол, | Г-0,0 | З- | |
| - | 20 | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| 2 | в) | лестницы | и | лестнич-ные | пло-щадки | Пол | (пло-щадки, | ступени) | | З- | |
| - | 204 | - | - | - | - | - | - | 0,14 | | | |
| | Вспомогательные здания и помещения | | | | | | | | | | |
| | 3 Сани-тарно-бытовые помещения: | | | | | | | | | | |
| 1 | а) | умываль-ные, | убор-ные, | кури-тельные | | | | Пол | | Ж- | |
| - | 75 | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| ды | б) | душевые, гардероб-ные, помеще-ния для сушки, обеспыли-вания и обезврежи-вания одеж-ды и обуви, помеще-ния для обогре-вания рабо-тающих | | | | | | | | Пол | Ж- |
| 2 | - | 50 | - | - | - | - | - | - | | | |
| | 32.Здравпункты: | | | | | | | | | | |
| 2 | а) | | ожидаль-ные | | | | | Г-0,8 | | Б- | |
| - | 200 | - | 60 | 20 | - | - | 1,5 | 0,4 | | | |
| 2 | б) | регистра-тура, | комна-ты | дежурно-го | персона-ла | | | Г-0,8 | | Б- | |
| - | 200 | - | 60 | 20 | - | 0,7 | 1,5 | 0,4 | | | |
| 1 | в) | кабинеты | врачей, | пе-ревязочные | | | | Г-0,8 | | Б- | |
| - | 300 | - | 40 | 15 | 3,0 | 1,0 | 1,8 | 0,6 | | | |
| 1 | г) | процедур-ные | кабине-ты | | | | | Г-0,8 | | А- | |
| - | 500 | - | 40 | 10 | 4,0 | 1,5 | 2,4 | 0,9 | | | |
| | Прочие помещения производственных, вспомогательных и общественных зданий | | | | | | | | | | |
| | 33. Вести-бюли и гар-деробные уличной одежды: | | | | | | | | | | |
| | а) в вузах, школах, те-атрах, клу-бах, обще-житиях, гос-тиницах и главных входах в крупные | | | | | | | | | | |
| | промыш-ленные предприятия и обще-ственные здания | | | | | | | | | | |
| | Пол | Е | - | 150 | - | - | - | - | 1,2 | 0,3 | |
| 1 | б) | в прочих промыш-ленных, вспомога-тельных и обществен-ных зданиях | | | | | | | | Пол | Ж- |
| - | 75 | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | 34. Лестни-цы: | | | | | | | | | | |
| 2 | а) | главные | лестничные | клетки | общественных, | производ-ственных | и | вспомога-тельных | | В- | |
| - | 100 | - | - | - | - | - | - | 0,24 | | | |
| 2 | б) | осталь-ные | лест-ничные | клетки | | | | Пол, | Г-0,0 | Ж- | |
| - | 50 | - | - | - | - | - | - | 0,14 | | | |
| Г-0,0 | 35. | Лифто-вые холлы в обществен-ных, произ-водственных и вспомога-тельных зданиях | | | | | | | | Пол, | |
| Ж-1 | - | 75 | - | - | - | - | - | - | | | |
| | 36Коридорыпрохо-ды: | | | | | | | | | | |
| 1 | а) | главные | коридоры | и | проходы | | | Пол, | Г-0,0 | Ж- | |
| - | 75 | - | - | - | - | - | - | 0,14 | | | |
| 2 | б) | позтаж-ные | коридоры | жилых | зданий | | | Пол, | Г-0,0 | З- | |
| - | 20 | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| 2 | в) | остальные | коридоры | | | | | Пол, | Г-0,0 | Ж- | |
| - | 50 | - | - | - | - | - | - | - | | | |

1 Приведен показатель ослепленности.

2 Нормированные значения КЕО повышены в помещениях специально предназначенных для работы и обуче-ния детей и подростков. В жилых домах и квартирах приведенные значения освещенности являются рекомен-дуемыми.

4 Нормированные значения установлены при отраслевом нормировании на основании экспертных оценок.

5 Норма освещенности дана для ламп накаливания.

Примечания

1. Наличие нормируемых значений освещенности в графах обеих систем искусственного освещения указывает на возможность применения одной из этих систем.

2. При дробном обозначении освещенности, приведенной в графе 4 таблицы, в числителе указана норма осве-щенности от общего и местного освещения на рабочем месте, а в знаменателе - освещенность от общего осве-щения по помещению.

3. При дробном обозначении показателя дискомфорта, приведенного в графе 7 таблицы, в числителе указана норма для общего освещения в системе комбинированного освещения, а в знаменателе - для системы одного общего освещения.

4. При дробном обозначении коэффициента пульсации, приведенного в графе 8 таблицы, в числителе указана норма для местного освещения или одного общего освещения, а в знаменателе - для общего освещения в систе-ме комбинированного.

5. Более подробные таблицы нормируемых значений показателей освещения приводятся в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 и в отраслевых нормах.

Помещения и территории Примеры помещений Искусственное освещение
Естественное освещение

Коэффициент за-паса Кз Коэффициент запаса Кз

Количество чисток светильников в год Количество чисток остекления светопроемов

в год

Эксплуатационная группа светильни-ков по приложе-нию Г

Угол наклона светопро-пускающего материала к горизонту, градусы

1 - 4 5 - 6 7 0 - 15 16 - 45 46 - 75 76 - 90

1 2 3 4 5 6 7 8 9

1 Производственные помещения с воздушной средой, содержа-щей в рабочей зоне:

а) св. 5 мг/м³ пыли, дыма, копо-ти
обрубные отделения литейных цехов

Агломерационные фабрики, цементные заводы и

б) от 1 до 5 мг/м³ пыли, дыма, копоти
желе-зобетона

Цехи кузнечные, литейные, мартеновские, сборного

в) менее 1 мг/м³ пыли, дыма, копоти
механо-сборочные, пошивочные

Цехи инструментальные, сбо-рочные, механические,

г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также обладающих большой коррозирующей способностью Цехи химических заводов по выработке кислот, щелочей, едких химических реактивов, ядохимикатов, удобрений, цехи гальванических покрытий и различных отраслей промышленности с применением электролиза

2 Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха при обслуживании светильников:

а) с технического этажа

- - - - -

б) снизу из помещения

- - - - -

3 Помещения общественных жилых зданий:

а) пыльные, жаркие и сырые Горячие цехи предприятий общественного питания, охлаждаемые камеры, помещения для приготовления растворов в прачечных, душевые и т.д.

б) с нормальными условиями среды Кабинеты и рабочие помещения, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читальные залы, залы совещаний, торговые залы и т.д.

4 Территории с воздушной средой, содержащей:

а) большое количество пыли (более 1 мг/м³) Территории металлургических, химических, горнодобывающих предприятий, шахт, рудников, железнодорожных станций и прилегающих к ним улиц и дорог

- - - - -

б) малое количество пыли (менее 1 мг/м³) Территории промышленных предприятий, кроме указанных в подп. «а» и общественных зданий

- - - -
5 Населенные пункты Улицы, площади, дороги, территории жилых районов, парки, бульвары, пешеходные тоннели, фасады зданий, памятники

- - - -
транспортные тоннели -

- - - -
Примечания

1 Значения коэффициента запаса, указанные в гр. 6 - 9, следует умножать на 1,1 - при применении узорчато-го стекла, стеклопластика, армопленки и матированного стекла, а также при использовании световых проемов для аэрации; на 0,9 - при применении органического стекла.

2 Значения коэффициентов запаса, указанные в гр. 3 - 5, приведены для разрядных источников света. При использовании ламп накаливания их следует умножать на 0,85.

3 Значения коэффициентов запаса, указанные в гр. 3, следует снижать при односменной работе по поз. 1б, 1г - на 0,2; по поз. 1в - на 0,1; при двухсменной работе - по поз. 1б, 1г - на 0,15.

4* Значения коэффициента запаса и количество чисток для транспортных тоннелей, указанные в графе 2, приведены с учетом использования только светильников конструктивной светотехнической схемы IV табл. 1 приложения Г.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов С.Н. Аппараты магнитной обработки воды. Проектирование, моделирование и исследование : монография / С.Н. Антонов, А.И. Адошев, И.К. Шарипов, В.Н. Шемякин. – Ставрополь : АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2014. – 220 с.

2. Антонов С.Н. Необходимость использования автоматизированного рабочего места проектировщика для выпускного курса ФЭСХ / в сб. научн. трудов Информационные и коммуникационные технологии и их роль в активизации учебного процесса в вузе. СтГАУ – Ставрополь : АГРУС, 2009. – С.3-5.

3. Антонов С.Н. Нормоконтроль как средство повышения качества выполняемых дипломных проектов или работ / в сборнике науч-ных трудов Совершенствование учебного процесса в вузе на основе информационных и коммуникационных технологий. СтГАУ. – Ставрополь : АГРУС, 2010. – С.7-10.

4. Антонов С.Н. Проектирование магнитных систем электротехнических устройств : учебное пособие / С.Н. Антонов, Д.Е. Кофанов ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС, 2011. – 240 с.

5. Антонов С.Н. Проектирование систем электрификации / методические указания и задание для курсового проекта [С.Н. Антонов, И.В. Атанов, М.Я. Ашмарин, В.П. Горшколепов, Л.Л. Иунихин] / ФГОУ ВПО СтГАУ – Ставрополь : АГРУС, 2004. – 40с.

6. Антонов С.Н. Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения : учебное пособие / С.Н. Антонов, Д.В. Данилов ; ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС, 2010. – 272 с.

7. Антонов С.Н. Разработка методических указаний к выполнению курсовой работы по дисциплине «Электропривод сельскохозяйственных машин» // в сб. научн. трудов Активизация учебного процесса с помощью информационных и коммуникационных технологий. Ст.ГАУ – Ставрополь, 2005. – С.24-25.

8. Антонов С. Н., Шарипов И. К., Шемякин В. Н., Адошев А. И. Моделирование магнитных систем с использованием систем автоматизированного проектирования / Достижения науки и техники АПК – 2010.-№10. – С.75-78.

9. Будзко И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 256 с.

10. Будзко И.А., Зуль Н.М. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Агропромиздат, 1990. – 496с.
11. Гельфанд Я.С. Релейная защита распределительных сетей / 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1987. - 368 с.
12. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение элек-трической энергии: учебное пособие для вузов. – Ростов – на – Дону: «Феникс», 2008.
13. Коноплев Е.В. Автономная энергетика / Никитенко Г.В., Коно-плев Е.В. // Сельский механизатор № 1 2007 - С. 25.
14. Никитенко Г.В., Коноплев Е.В. Выбор и обоснование варианта электроснабжения удаленных потребителей В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использо-вания электрооборудования в промышленности и сельском хозяй-стве – Ставрополь: АГРУС СтГАУ, 2009. С. 260-265.
15. Никитенко Г.В., Коноплев Е.В., Коноплев П.В. Использование программных продуктов при изучении объемных дисциплин ба-калавриата // Инновационные технологии современного образова-ния – Ставрополь: АГРУС СтГАУ, 2013. С. 115-128.
16. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005610257 Метод симметричных составляющих // Воротников И.Н., Данченко И.В., Коноплев Е.В. от 27.09.04.
17. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006612738 Электроснабжение сельского хозяйства // Коно-плев Е.В., Нагорный А.В., Лысаков А.А., Ивашина А.В. от 06.07.06.
18. Хорольский В.Я. Эксплуатация систем электроснабжения : учеб-ное пособие / В.Я. Хорольский, М.Я. Таранов. – Ставрополь: АГРУС СтГАУ, 2013. – 256с.
19. Хорольский В.Я., Таранов М.А. Анализ и синтез систем автоном-ного электроснабжения сельскохозяйственных объектов. Ростов-на-Дону: Терра, 2001. – 222с.
20. Шеховцов В.П. Расчёт и проектирование схем электроснабжения. – М.: ФОРУМ – ИНФА-М, 2005.—214с
21. Электроснабжение сельского хозяйства: Методическое пособие.- Изд. 2-е перераб и доп./Сост. В.В. Коваленко, А.В. Ивашина, А.В. Нагорный, А.В. Кравцов. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2004–100с.
22. Янукович Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие для студентов ву-зов по специальности «Энергетическое обеспечение сельскохо-зяйственного производства». / Янукович Г.И. – Минск: Минфана, 2010. – 440с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ 10/0,4 кВ. ВЫБОР КОНФИГУРАЦИИ СЕТИ 0,38 кВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК» 4

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТА 11

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

«ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ОТ ИСТОЧНИКА СОИЗМЕРИМОЙ МОЩНОСТИ» 18

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

«ИЗУЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 0,38-35 кВ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ 2.2» 27

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

«МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НОРМАТИВНЫХ УРОВНЕЙ НАДЕЖНОСТИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6
«МЕТОДЫ РАСЧЕТА МОЛНИЕЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ» 43

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7
ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТАНОВОК ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ
РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ 53

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8
МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ
РУЧНОГО ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА 62

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9
«СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОМЕЩЕНИЙ» 86

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА DIALux 4.12» 95

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11
«РАЗРАБОТКА МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ» 115

ПРИЛОЖЕНИЕ 129

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 165

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Антонов Сергей Николаевич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СИСТЕМ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Учебное пособие
для выполнения лабораторных работ

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства и информационных справочных систем (при необходимости).

11.1 Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Kaspersky Total Security - Антивирус

11.3 Перечень программного обеспечения отечественного производства

1. Kaspersky Total Security - Антивирус

При осуществлении образовательного процесса студентами и преподавателем используются следующие информационно справочные системы: СПС «Консультант плюс», СПС «Гарант».

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| № п/п | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Номер аудитории | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы |
|-------|--|-----------------|---|
| 1 | Учебная аудитория для проведения занятий всех типов (в т.ч. лекционного, семинарского, практической подготовки обучающихся), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | | |
| 2 | Помещение для самостоятельной работы обучающихся, подтверждающее наличие материально-технического обеспечения, с перечнем основного оборудования | | |

13. Особенности реализации дисциплины лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

а) для слабовидящих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения промежуточной аттестации оформляются увеличенным шрифтом;

- задания для выполнения на промежуточной аттестации зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- студенту для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

в) для глухих и слабослышащих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- промежуточная аттестация проводится в письменной форме;

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- по желанию студента промежуточная аттестация может проводиться в письменной форме;

д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента промежуточная аттестация проводится в устной форме.

Рабочая программа дисциплины «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов» составлена на основе Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия (приказ Минобрнауки России от 23.08.2017 г. № 813).

Автор (ы)

_____ доц. , ктн Антонов Сергей Николаевич

Рецензенты

_____ доц. , ктн Адошев Андрей Иванович

Рабочая программа дисциплины «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов» рассмотрена на заседании Кафедры электрооборудования и энергообеспечения АПК протокол № 7 от 14.04.2025 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Заведующий кафедрой _____ Никитенко Геннадий Владимирович

Рабочая программа дисциплины «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов» рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Института механики и энергетики протокол № 8 от 16.04.2025 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Руководитель ОП _____