Учреждение образования

«Минский государственный колледж электроники»

УТВЕРЖДЕНО

Заместитель директора

по учебной работе

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_И. И. Хомченко

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«Теоретические основы электротехники»

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Методические указания по выполнению курсовой работы

для специальностей 2 – 53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств», 2 – 36 03 31 «Монтаж и эксплуатация электрооборудования (по направлениям)»

Составитель: Тарасова Е.И.

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии по специальностям: 2-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств», 2-36 01 56 «Мехатроника», 3 – 36 01 53 «Техническая эксплуатация оборудования»

Протокол № \_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_г.

Председатель цикловой комиссии\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| 1 Область применения............................................................................................................... | 3 |
| 2 Нормативные ссылки.............................................................................................................. | 4 |
| 3 Общие положения................................................................................................................... | 6 |
| 3.1 Курсовая работа............................................................................................................... | 6 |
| 3.2 Построение пояснительной записки............................................................................. | 7 |
| 3.3 Оформление титульного листа КР................................................................................ | 8 |
| 4 Требования к оформлению ПЗ курсовой работы................................................................. | 9 |
| 4.1 Общие требования........................................................................................................... | 9 |
| 4.2 Изложение текста документов....................................................................................... | 10 |
| 4.3 Нумерация разделов, подразделов, пунктов и подпунктов пояснительной записки................................................................................................................................... | 11 |
| 4.4 Оформление иллюстраций............................................................................................. | 13 |
| 4.5 Оформление таблиц........................................................................................................ | 14 |
| 4.6 Оформление перечислений............................................................................................ | 15 |
| 4.7 Оформление примечаний............................................................................................... | 16 |
| 4.8 Оформление формул и уравнений................................................................................. | 16 |
| 4.9 Оформление сносок........................................................................................................ | 17 |
| 4.10 Оформление примеров................................................................................................. | 17 |
| 4.11 Оформление списка использованных источников.................................................... | 17 |
| 4.12 Оформление приложений............................................................................................. | 18 |
| 5 Задание на курсовое проектирование................................................................................... | 20 |
| 5.1 Расчет линейной электрической цепи постоянного тока............................................ | 20 |
| 5.2 Расчет линейной электрической цепи переменного тока........................................... | 26 |
| 5.3 Расчет трехфазной линейной электрической цепи переменного тока....................... | 31 |
| 6 Примеры выполнения заданий.............................................................................................. | 33 |
| 6.1 Расчет линейной электрической цепи постоянного тока........................................... | 33 |
| 6.2 Расчет линейной электрической цепи переменного тока........................................... | 46 |
| 6.3 Расчет трехфазной линейной электрической цепи переменного тока....................... | 52 |
| Список использованных источников....................................................................................... | 61 |
| Приложения................................................................................................................................ | 62 |

1 Область применения

Настоящие методические указания распространяются на оформление пояснительных записок к работе по учебной дисциплине «Теоретические основы электротехники» для специальностей 2 – 53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств», 2 – 36 03 31 «Монтаж и эксплуатация электрооборудования (по направлениям)» и являются обязательными.

2 Нормативные ссылки

Настоящие методические указания разработаны на основании требований, предъявляемых к текстовым документам следующими нормативными документами:

– Постановление Министерства образования Республики Беларусь от 15 октября 2003г. № 68 об утверждении правил текущей и итоговой аттестации учащихся учреждений, обеспечивающих получение среднего специального образования;

– СТБ 6.38-2004 Унифицированные системы документации Республики Беларусь. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов

– СТБ 22.0.1-96 Система стандартов в сфере образования. Основные положения

– СТБ ИСО 9000-2000 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь

– СТБ П 22.0.4-2005 Система стандартов в сфере образования. Термины и определения

– ГОСТ 2.004-88 Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ

– ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи

– ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам

–ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы

– ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам

– ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы

– ГОСТ 2.303-68 Единая система конструкторской документации. Линии

– ГОСТ 2.304-81 Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные

– ГОСТ 2.316-2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения

– ГОСТ 2.321-84 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные

– ГОСТ 2.702-75 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем

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

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

– ГОСТ 7.9-95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация

– ГOCТ 7.82-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления.

3 Общие положения

3.1 Курсовая работа

Курсовая работа (КР) – самостоятельная комплексная работа, выполняемая учащимся на заключительном этапе изучения учебной дисциплины с целью систематизации, углубления, закрепления и практического применения полученных теоретических знаний и практических умений, формирования навыков самостоятельной работы при решении профессиональных задач.

Руководство и контроль за ходом выполнения курсовой работы осуществляет преподаватель соответствующей учебной дисциплины (далее – преподаватель – руководитель курсовой работы за счет учебных часов, предусмотренных на курсовое проектирование учебным планом учреждения образования по специальности.

Темы курсовых работ и задания по курсовому проектированию разрабатываются преподавателями в соответствии с учебной программой по учебной дисциплине и обсуждаются на заседании цикловой комиссии.

Задания по курсовому проектированию должны быть индивидуальными и разнообразными по содержанию, но при этом одинаковыми по степени сложности поставленных перед учащимися задач.

Задание на КР содержит исходные данные, необходимые и достаточные для работы; определяет структуру и сроки выполнения отдельных частей работы. Задание оформляется на специальном бланке, подписывается руководителем, автором КР и утверждается председателем цикловой комиссии. Оформление листа задания показано в приложении Б. Задание по курсовому проектированию выдается учащемуся не позднее, чем за полтора месяца до срока сдачи курсовой работы.

Работа учащихся над выполнением курсовой работы осуществляется по графику, составленному преподавателем – руководителем курсовой работы для каждой учебной группы. В графике указываются сроки выполнения отдельных разделов курсовой работы. Выполнение отдельных разделов курсовой работы учащимися учебной группы проверяется преподавателем – руководителем курсовой работы на учебных занятиях по курсовому проектированию, о чем делается соответствующая запись в журнале учебных занятий.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части.

Объем пояснительной записки не должен превышать 30 страниц печатного текста или 60 страниц рукописного текста.

Графическая часть курсовой работы может быть представлена графиками, диаграммами.

Проверку и прием курсовой работы осуществляет преподаватель – руководитель курсовой работы вне расписания учебных занятий. На выполнение этой работы отводится 45 минут на каждую курсовую работу.

Курсовая работа оценивается отметкой в баллах. Учащемуся, который получил по курсовой работе отметку ниже 4 (четырех) баллов, преподавателем – руководителем курсовой работы выдается другое задание и устанавливается новый срок для его выполнения.

Принятые курсовые работы хранятся в учреждении образования в течение двух лет, после чего уничтожаются в установленном порядке.

3.2 Построение пояснительной записки

Пояснительная записка КР должна иметь следующую структуру:

* титульный лист;
* утвержденное задание на выполнение курсовой работы;
* содержание;
* введение;
* практическая часть;
* заключение;
* список использованных источников;
* приложение.

В разделе "Введение" уточняется роль учебной дисциплины «Теоретические основы электротехники» в подготовке техников – электромехаников, техников – электриков, обосновывается необходимость усвоения методик расчета цепей постоянного и переменного тока, указывают темы, по которым выполняется работа.

Раздел «Практическая часть» должен содержать следующие подразделы:

1 Расчет линейной электрической цепи постоянного тока

1.1 Метод узловых и контурных уравнений

1.2 Метод контурных токов

1.3 Метод наложения

1.4 Баланс мощностей

1.5 Потенциальная диаграмма

2 Расчет однофазной линейной электрической цепи переменного тока

3 Расчет трехфазной линейной электрической цепи переменного тока

В разделе «Список использованных источников» указывают перечень научно-технических публикаций, нормативно-технических документов и других научно-технических материалов, на которые есть ссылки в основном тексте.

3.3 Оформление титульного листа КР

Титульный лист ПЗ предназначен для размещения на нем названия организации, темы КР, кода документа, принятого в УО «Минский государственный колледж электроники», фамилии и инициалов автора КР, руководителя КР (в соответствии с приложением А).

Принята следующая система обозначения документов, состоящая из четырех частей:

– условный код разработки;

– классификационная характеристика;

– код структурной составляющей документа;

– код документа.

КР 019ТЭМ. 006404. 081 ПЗ

условный код

код разработки

документа

классификационная

характеристика

код структурной

составляющей

документа

код

документа

Условный код разработки КР состоит из обозначения вида разработки:

– КР – курсовая работа;

– номер группы (19ТЭМ).

Квалификационная характеристика (006404) состоит из:

а) трёхзначного числа (006), обозначающего номер учащегося по журналу теоретического обучения группы для курсовой работы;

б) цифрового обозначения вида курсовой работы (404), первая цифра которого (4) определяет вид КР (инженерно-технические расчёты); следующие две цифры 04 конкретизируют тематику проектов (расчётные задачи).

Код структурной составляющей документа (081) устанавливается следующий:

– 081 – пояснительная записка.

Пример:

Обозначение КР019ТЭМ.0006404.081ПЗ означает, что это пояснительная записка курсовой работы учащегося группы 19ТЭМ (номер по журналу - 6); работа содержит расчетные задачи.

4 Требования к оформлению ПЗ курсовой работы

4.1 Общие требования

Текстовый материал оформляется в виде пояснительной записки. Страницы пояснительной записки и включенные в записку иллюстрации, таблицы и распечатки с ЭВМ должны соответствовать формату А4 и быть оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95 и ГОСТ 7.32-2001.

Пояснительная записка должна быть оформлена как текстовый документ в редакторе Microsoft Word, шрифт- Times New Roman 14, полуторный межстрочный интервал. Полужирный шрифт не применяется.

В соответствии с требованиями верхнее и нижнее поле устанавливается 20, левое поле 30 и правое поле 10 мм.

В «Содержание» включают перечень всех разделов, подразделов с указанием номеров страниц. После заголовка каждого из указанных элементов ставят отточие и приводят номер страницы, на которой начинается данный элемент.

В содержании обозначения разделов записывают с абзацного отступа. Обозначения подразделов приводят со смещением вправо, равным двум знакам (6-8 мм), относительно обозначения раздела.

Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

В содержании при необходимости продолжения записи заголовка раздела или подраздела на второй (последующей) строке его начинают на уровне начала этого заголовка на первой строке, а при продолжении записи заголовка приложения – на уровне записи обозначения этого приложения.

Наименования структурных элементов пояснительной записки «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЕ» служат заголовками структурных элементов записки. Заголовки структурных элементов записки следует располагать в середине строки без точки в конце и печатать прописными буквами, не подчеркивая.

Заголовки разделов начинаются с номера раздела (точка после номера раздела не ставится) и пишутся строчными буквами, начиная с прописной, с абзацного отступа – 1,5 см.

СОДЕРЖАНИЕ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПРИЛОЖЕНИЕ не нумеруются как разделы.

Заголовки подразделов и пунктов следует начинать с абзацного отступа и печатать с прописной буквы, не подчеркивая, без точки в конце. Пункты и подпункты основной части следует начинать печатать с абзацного отступа.

Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равным 3-4 интервала. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала.

Каждый раздел записки должен начинаться с нового листа (страницы), в том числе и структурные элементы СОДЕРЖАНИЕ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПРИЛОЖЕНИЯ.

Страницы ПЗ следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц ПЗ. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц.

4.2 Изложение текста документов

4.2.1 В тексте пояснительной записки не допускается:

– применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;

– применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

– применять произвольные словообразования;

– применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии;

– сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

4.2.2 В тексте пояснительной записки, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

– применять математический знак минус (-) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);

– применять знак «Ø» для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»). При указании диаметра или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещённых в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак «Ø»;

– применять без числовых значений математические знаки, например: > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (не равно), а также знаки № (номер), % (процент);

– применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

4.2.3 В тексте пояснительной записки числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счёта следует писать цифрами, а числа без обозначения физических величин и единиц счёта от единицы до девяти – словами.

4.2.4 В документе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения (ГОСТ 8.417).

4.2.5 Единица физической величины одного и того же параметра в пределах пояснительной записки должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единицы физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона. Например: От 1 до 5 мм; от плюс 10 до минус 40 ºС.

4.2.6 Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например «Напряжение, действующее на зажимах источника U».

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

4.2.7 Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требуемых свойств, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой. Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей.

4.3 Нумерация разделов, подразделов, пунктов и подпунктов пояснительной записки

4.3.1 Разделы пояснительной записки должны иметь порядковую нумерацию в пределах основной части ПЗ и обозначаться арабскими цифрами без точки в конце и записанные с абзацного отступа, например, 1, 2, 3 и т. д.

4.3.2 Подразделы записки должны иметь порядковую нумерацию в пределах разделов ПЗ и обозначаться арабскими цифрами без точки в конце и записанные с абзацного отступа. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится, например, 2.1 (первый подраздел второго раздела). Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, он также нумеруется.

4.3.3 Пункты должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого раздела или подраздела. Номер пункта включает номер раздела и порядковый номер подраздела или пункта, разделенные точкой, например 1.1, 1.2, 1.3 или 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 и т. д.

4.3.4 Номер подпункта включает номер раздела, подраздела, пункта и порядковый номер подпункта, разделенные точкой, например 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3 и т. д.

Пример

1 Типы и основные размеры

1.1

1.2 Нумерация пунктов первого раздела документа

1.3

2 Технические требования

2.1

2.2 Нумерация пунктов второго раздела документа

2.3

3 Методы испытаний

3.1 Аппараты, материалы и реактивы

3.1.1

3.1.2 Нумерация пунктов первого подраздела третьего раздела документа

3.1.3

3.2 Подготовка к испытанию

3.2.1

3.2.2 Нумерация пунктов второго подраздела третьего раздела документа

3.2.3

4.3.5 Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых, ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример

а) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

в) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4.4 Оформление иллюстраций

4.4.1 Иллюстрации (графики, схемы, диаграммы) следует располагать в записке непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в ПЗ. При ссылках на иллюстрации следует писать «…в соответствии с рисунком 3.2».

4.4.2 Графики, диаграммы, схемы, помещаемые в записке, должны соответствовать требованиям государственных стандартов ЕСКД.

4.4.3 Иллюстрации должны иметь название. При необходимости под иллюстрацией помещают поясняющие данные (подрисуночный текст). Иллюстрация обозначается словом «Рисунок», которое помещают после поясняющих данных.

4.4.4 Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах раздела, причем номер рисунка состоит из двух компонент: номера раздела, порядкового номера рисунка.

Пример подписи иллюстрации в соответствии с рисунком 4.1.

E1, R01

E2, R02

R1

R2

R6

I2

I6

A

Рисунок 4.1 – Исходная схема электрической цепи

I1

I3

I4

I5

R3

R4

R5

B

C

D

Если в ПЗ только один рисунок, то он обозначается: Рисунок 1 – Векторная диаграмма.

4.4.5 Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например – Рисунок А.1 (первый рисунок в приложении А).

4.5 Оформление таблиц

4.5.1 Таблицу следует располагать в записке непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки в записке.

4.5.2 Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах раздела. Название таблицы помещается слева над таблицей без абзацного отступа, в одной строке с ее номером через тире. Номер следует размещать в левом верхнем углу над заголовком таблицы после слова «Таблица», в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Определение коэффициентов загрузки трансформаторов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Номер трансформаторной подстанции | | | |
| ТП 1 | ТП 2 | ТП 3 | ТП 4 |
| Номинальная мощность трансформатора |  |  |  |  |

Продолжение таблицы 4.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Номер трансформаторной подстанции | | | |
| ТП 1 | ТП 2 | ТП 3 | ТП 4 |
| Коэффициент нагрузки |  |  |  |  |

4.5.3 Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указываются в единственном числе.

4.5.4 Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

4.5.5 При делении таблицы на части допускается переносить ее головку или боковик. Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы» с указанием номера (обозначения) таблицы, головку таблицы при этом повторяют. Пример: Продолжение таблицы 4.1. Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

4.5.6 Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается. Нумерация граф таблицы арабскими цифрами допускается в тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе таблицы на следующую страницу.

4.6 Оформление перечислений

4.6.1 Перечисления, при необходимости, могут быть приведены внутри пунктов или подпунктов. Перечисления следует печатать строчными буквами с абзацного отступа. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис. Например.

Структура ЖЦ ПО по стандарту ISO/IEC 12207 базируется на трех группах процессов:

– основные процессы ЖЦ;

– вспомогательные процессы, обеспечивающие выполнение основных процессов;

– организационные процессы.

4.6.2 Если в тексте записки есть ссылки на одно из перечислений, то они обозначаются строчной буквой со скобкой в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением ё, з, о, г, ь, й, ы, ъ). Например.

Следует обратить внимание на уровень усвоения учебного материала в):

а) представление;

б) понимание;

в) применение;

г) творчество или перенос опыта.

4.6.3 Если необходима дальнейшая детализация перечислений, используются арабские цифры со скобкой с абзацного отступа. Например,

Сущность характеризуется некоторыми свойствами:

а) она должна:

1) иметь уникальное имя, и к одному и тому же имени должна всегда применяться одна и та же интерпретация, и она не может применяться к различным именам, если только они не являются псевдонимами;

2) обладать одним или несколькими атрибутами, которые либо принадлежат сущности, либо наследуется через связь.

4.7 Оформление примечаний

4.7.1 Примечания следует помещать в записке при необходимости пояснения содержания текста, таблицы или иллюстрации. Слово «Примечание» размещают непосредственно после пункта, подпункта, таблицы, иллюстрации, к которым они относятся, и печатают с прописной буквы с абзацного отступа.

4.7.2 Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний следует нумеровать порядковой нумерацией арабскими цифрами, например:

Примечание -

Примечания

1

2

4.8 Оформление формул и уравнений

4.8.1 Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия.

Пример

Плотность каждого образца ρ, кг/ м3, вычисляют по формуле

 (4.1)

где m - масса образца, кг;

V - объем образца, м3.

4.8.2 Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (×), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют.

4.8.3 Формулы в пояснительной записке следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах раздела арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке, например формула (4.1).

4.8.4 Формулы, следующие одна за другой и не разделённые текстом, разделяют запятой.

4.8.5 Формулы, помещённые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (В.1).

4.8.6 Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, «…в формуле (4.1)».

4.9 Оформление сносок

4.9.1 Если необходимо пояснить отдельные данные, приведённые в документе, то эти данные следует обозначать надстрочными данными сноски. Знак сноски ставят непосредственно после того слова, числа, символа, предложения, к которому дается пояснение, и перед текстом пояснения.

4.9.2 Сноски в тексте располагают с абзацного отступа в конце страницы, на которой они обозначены, и отделяют от текста короткой тонкой горизонтальной линией с левой стороны.

4.9.3 Знак сноски выполняют арабскими цифрами со скобкой и помещают на уровне верхнего обреза шрифта. Например, «... электронный генеартор2)...».

4.9.4 Нумерация сносок отдельная для каждой страницы. Допускается вместо цифр выполнять сноски звездочками\*. Применять более четырех звездочек не рекомендуется.

4.10 Оформление примеров

4.10.1 Примеры могут быть приведены в тех случаях, когда они поясняют требования документа или способствуют более краткому их изложению. Примеры размещают, нумеруют и оформляют так же, как и примечания.

4.11 Оформление списка использованных источников

4.11.1 В пояснительной записке необходимо привести перечень источников, использованных при выполнении курсовой работы. Оформление списка и ссылок на него в тексте – по ГОСТ 7.1-2003. Ссылки в тексте приводятся в квадратных скобках, например: «Расчёт электрической цепи методом контурных токов приведён в [7]».

При описании источника информации указываются фамилия автора и его инициалы, заглавие, место издания, издательство, год издания.

4.11.2 Общие правила оформления списка литературы:

- автор (фамилия, запятая, инициалы в пробел через один печатный знак), точка. Если произведение написано двумя, тремя авторами, то указывается только первый, если авторов четыре и более – приводится заглавие произведения;

- заглавие - без сокращений и кавычек, пробел в один печатный знак, двоеточие, подзаглавие также без кавычек, пробел в один печатный знак, двоеточие, если приводятся данные о количестве томов, частей (например, заглавие, подзаглавие: в 2 т. Т.1), наклонная черта (/);

- автор (инициалы через пробел в один печатный знак, фамилия), точка, тире (. - ). Если авторов два или три, то приводятся фамилии всех, если авторов четыре и более, то могут быть приведены сведения обо всех лицах, при необходимости сократить их количество ограничиваются указанием первого с добавлением в квадратных скобках сокращения « и другие» [и др.];

- выходные данные (место издания, издательство, год издания):

а) место издания – с прописной буквы. Москва, Санкт – Петербург Ростов – на – Дону, Минск, сокращенно (М., СПб., Ростов н/Д, Мн.), а другие города полностью (Волгоград, Саратов), пробел, двоеточие;

б) наименование издательства без кавычек с прописной буквы, запятая;

в) год издания (слово «год» или букву «г» не пишут), точка.

Пример

1 Автоматизированное конструирование печатных плат РЭА : справ. специалиста / А. Т. Абрамов [и др.] ; под ред. Л. П. Рябова. – М. : Радио и связь, 1986.

2 Никулин, Н. В. Радиоматериалы и радиокомпоненты / Н. В. Никулин, А.С. Назаров. – М. : Высш. шк., 1986.

3 Покровский, Ф. Н. Материалы и компоненты радиоэлектронных средств : учеб. пособие для вузов / Ф. Н. Покровский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005.

4.11.3 Порядок размещения названия книги и других документов может быть алфавитным, хронологическим, тематическим. Внутри тематических рубрик нужно соблюдать или алфавитный или хронологический принцип расположения названий.

4.12 Оформление приложений

4.12.1 Приложения следует оформлять как продолжение ПЗ на ее последующих страницах, располагая приложения в порядке появления на них ссылок в тексте записки. В тексте ПЗ на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

4.12.2 Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения в свою очередь могут быть рекомендуемого и справочного характера. Каждое приложение необходимо начинать с нового листа с указанием вверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения, под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для информационного – «рекомендуемое» или «справочное».

4.12.3 Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста прописными буквами отдельной строкой. Например, в соответствии с рисунком 4.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Фрагмент текста программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Дополнительная информация по практическому разделу

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Векторные диаграммы

Рисунок 4.2 – Оформление заголовка приложений

4.12.4 Имеющиеся в тексте приложений иллюстрации, таблицы, формулы уравнения следует нумеровать в пределах каждого приложения. Перечисления и примечания в тексте приложения оформляют и нумеруют в соответствии с требованиями подразделов 4.6 и 4.7.

4.12.5 Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

5 Задание на курсовое проектирование

5.1 Расчет линейной электрической цепи постоянного тока

Задание:

а) составить на основании законов Кирхгофа систему уравнений для определения токов во всех ветвях схемы (1.1);

б) определить токи во всех ветвях схемы, используя метод контурных токов (1.2);

в) определить токи во всех ветвях схемы на основании метода наложения (1.3);

г) составить баланс мощностей для заданной схемы(1.4);

д) построить потенциальную диаграмму для любого замкнутого контура, включающего обе ЭДС (1.5).

Вариант задания определяют по таблице 5.1. Номер схемы соответствует порядковому номеру, под которым фамилия учащегося записана в журнале учебных занятий группы.

Числовые параметры схемы соответствуют последней цифре ее порядкового номера.

Таблица 5.1 - Числовые параметры схем электрических цепей постоянного тока

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Е1,В | Е2,В | R1,Ом | R2,Ом | R3,Ом | R4,Ом | R5,Ом | R6,Ом | R01,Ом | R02,Ом |
| 0 | 40 | 30 | 52 | 24 | 43 | 36 | 61 | 16 | 1 | 2 |
| 1 | 50 | 30 | 53 | 34 | 24 | 18 | 25 | 42 | 1 | 1 |
| 2 | 20 | 30 | 54 | 43 | 32 | 26 | 51 | 15 | 2 | 2 |
| 3 | 20 | 40 | 64 | 48 | 32 | 25 | 51 | 15 | 1 | 2 |
| 4 | 40 | 20 | 35 | 52 | 24 | 41 | 16 | 61 | 2 | 1 |
| 5 | 30 | 20 | 45 | 53 | 32 | 24 | 61 | 15 | 1 | 1 |
| 6 | 30 | 40 | 26 | 64 | 43 | 35 | 51 | 16 | 2 | 2 |
| 7 | 20 | 30 | 64 | 43 | 31 | 25 | 52 | 14 | 1 | 2 |
| 8 | 30 | 40 | 16 | 63 | 34 | 42 | 25 | 52 | 3 | 2 |
| 9 | 30 | 20 | 54 | 42 | 23 | 31 | 16 | 51 | 1 | 2 |

Варианты схем электрических цепей постоянного тока приведены на рисунках 5.1.1-5.1.26

R2

R6

Рисунок 5.1.2

R1

R3

R4

R5

Е1,R01

Е1,R02

R2

R1

R3

R5

R4

R6

E1,R01

E2,R02

Рисунок 5.1.1

R4

R5

R6

R1

R2

R3

E2,R02

E1,R01

R3

R4

R5

R1

R6

R2

Рисунок 5.1.3

E1,R01

E2,R02

Рисунок 5.1.4

R1

R3

R4

E1,R01

R5

R2

R6

E2,R02

R4

R3

R5

R6

R1

E1,R01

R2

E2,R02

Рисунок 5.1.5

Рисунок 5.1.6

R1

R3

R4

E1,R01

R5

R6

R2

E2,R02

Рисунок 5.1.8

R1

R3

R6

E1,R01

E2,R02

R4

R2

R5

Рисунок 5.1.7

R1

R6

R5

R2

E2,R02

E1,R01

R4

R3

Рисунок 5.1.10

R1

E1,R01

R3

R4

R5

R6

R2

E2,R02

Рисунок 5.1.9

R1

E1,R01

R2

E2,R02

R6

R4

R5

R3

Рисунок5.1.12

R3

R4

R5

R1

R6

R2

Рисунок 5.1.11

E1,R01

E2,R02

R1

E1,R01

R3

R4

R5

R6

R2

E2,R02

Рисунок 5.1.13

R2

E2,R02

R1

E1,R01

R3

R4

R5

R6

Рисунок5.1.14

Рисунок 5.20

E1,R01

R1

E2,R02

R2

R4

R5

R6

R3

R3

R1

E1,R01

R2

E2,R02

R4

R5

R6

Рисунок 5.1.16

Рисунок 5.1.15

R1

E1,R01

R6

E2,R02

R2

R5

R3

R4

R1

E1,R01

E2,R02

R2

R5

R6

R4

R3

Рисунок 5.1.18

Рисунок 5.1.17

Рисунок 5.1.19

R1

E1,R01

E2,R02

R2

R4

R5

R3

R6

R1

E1,R01

R2

E2,R02

R3

R4

R5

R6

Рисунок 5.1.20

R1

E1,R01

R2

E2,R02

R5

R4

R6

R3

R4

R1

E1,R01

R2

E2,R02

R5

R6

R3

Рисунок 5.1.22

Рисунок 5.1.21

R1

E1,R01

R2

E2,R02

R3

R4

R5

R6

R1

E1,R01

R2

E2,R02

R3

R4

R5

R6

Рисунок 5.1.24

Рисунок 5.1.23

R3

R2

R1

Е1,R01

Е2,R02

R4

R5

R6

Е1,R01

R6

Е2,R02

R2

R5

R3

R4

R1

Рисунок 5.1.26

Рисунок 5.1.25

5.2 Расчет линейной электрической цепи переменного тока

Задание:

К зажимам электрической цепи подключен источник синусоидального напряжения u = Umsin(ωt + ψu) В частотой *f* = 50 Гц. Амплитуда, начальная фаза напряжения и параметры элементов цепи заданы в таблице 5.2. Схемы замещения цепи приведены на рисунках 5.2.1-5.2.30.

Вариант задания определяют по таблице 5.2. Номер схемы соответствует порядковому номеру, под которым фамилия учащегося записана в журнале учебных занятий группы.

Числовые параметры схемы соответствуют последней цифре ее порядкового номера.

Выполнить следующее:

а) начертить схему замещения электрической цепи, соответствую­щую варианту,

б) рассчитать реактивные сопротивления элементов цепи;

в) определить действующие значения токов во всех ветвях цепи;

г) записать уравнение мгновенного значения тока источника;

д) составить баланс активных и реактивных мощностей;

е) построить векторную диаграмму токов, совмещенную с топографической векторной диаграммой напряжений.

Таблица 5.2 - Числовые параметры схем однофазных электрических цепей переменного тока

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Um,B | ψu, град | R1,Ом | R2,Ом | L1, мГн | L2, мГн | С1, мкФ | С2, мкФ |
| 0 | 54 | 60 | 10 | 15 | 63,6 | 31,8 | 318 | 318 |
| 1 | 180 | 60 | 25 | 50 | 79,5 | 127,2 | 318 | 79,5 |
| 2 | 311 | 30 | 20 | 30 | 63,5 | 127,2 | 79,5 | 53,0 |
| 3 | 540 | - 45 | 50 | 100 | 159 | 254,4 | 63,5 | 39,8 |
| 4 | 320 | 90 | 40 | 60 | 127,2 | 190,8 | 39,8 | 53 |
| 5 | 180 | 0 | 20 | 30 | 127,2 | 63,8 | 159 | 159 |
| 6 | 32 | 45 | 7,5 | 15 | 23,8 | 38,2 | 42,5 | 199 |
| 7 | 54 | 60 | 10 | 20 | 31,8 | 50,9 | 318 | 199 |
| 8 | 20 | -20 | 15 | 30 | 15,9 | 127 | 79,5 | 106 |
| 9 | 32 | 30 | 30 | 45 | 190,8 | 95,4 | 106 | 106 |

Варианты схем линейной электрической цепи переменного тока

R2

C2

C1

R1

~ U

R2

L1

L2

Рисунок 5.2.1

C1

C2

R1

L2

L1

~ U

Рисунок 5.2.3

~ U

L1

R1

C1

R2

C2

L2

C1

R2

R1

L2

L1

~ U

C2

Рисунок 5.2.4

Рисунок 5.2.2

C1

R1

R2

L2

L1

~ U

Рисунок 5.2.5

C1

R2

L2

L1

~ U

Рисунок 5.2.6

R1

Рисунок 5.2.7

~ U

L1

R1

C1

R2

C2

L2

C1

R1

~ U

R2

L1

L2

Рисунок 5.2.8

C2

L1

L2

C1

C2

R2

R1

~ U

Рисунок 5.2.9

~ U

L2

C2

C1

R2

L1

R1

Рисунок 5.2.10

~ U

L2

R1

L1

C2

C1

R2

Рисунок 5.2.11

Рисунок 5.2.12

~ U

R1

C1

L1

R2

L2

C2

Рисунок 5.2.13

C1

C2

R1

~ U

R2

L2

L1

C2

C1

~ U

R1

R2

L1

L2

Рисунок 5.2.14

R2

C2

L1

R1

C1

~ U

L2

Рисунок 5.2.15

C1

C2

~ U

R2

L2

R1

L1

Рисунок 5.2.16

~ U

C1

R2

R1

L1

L2

C2

Рисунок 5.2.17

~ U

C2

C1

R1

R2

L1

L2

Рисунок 5.2.18

L1

L2

C1

R1

R2

C2

Рисунок 5.2.19

L1

R1

C1

R2

L2

C2

~ U

Рисунок 5.2.20

~ U

~ U

R1

C1

C2

L1

R2

L2

Рисунок 5.2.21

L1

R1

C1

C2

R2

L2

Рисунок 5.2.22

~ U

~ U

C1

L1

R1

R2

C2

L2

Рисунок 5.2.23

~ U

Рисунок 5.2.24

C1

C2

R1

L1

R2

L2

L2

L1

R1

C1

R2

C2

~ U

Рисунок 5.2.26

R1

L1

L2

C2

R2

C1

~ U

Рисунок 5.2.25

R1

C1

R2

L1

L2

C2

~ U

Рисунок 5.2.27

L2

~ U

C1

R1

L1

R2

C2

Рисунок 5.2.28

L1

L2

R2

C1

R1

~ U

C2

Рисунок 5.2.29

L2

C2

R2

R1

C1

L1

~ U

Рисунок 5.2.30

5.3 Расчет трехфазной линейной электрической цепи переменного тока

Задание

В соответствии с данными таблицы 5.3 начертить схему соединения сопротивлений в трехфазной цепи. Определить:

а) фазные токи;

б) линейные токи (при соединении треугольником);

в) ток в нулевом проводе (при соединении звездой);

г) активную, реактивную и полную мощность каждой фазы и всей трехфазной цепи;

д) угол сдвига фаз между током и напряжением в каждой фазе;

е) начертить в масштабе векторную диаграмму трехфазной цепи.

Вариант задания определяют по таблице 5.3. Номер варианта соответствует порядковому номеру, под которым фамилия учащегося записана в журнале учебных занятий группы.

Таблица 5.3 - Числовые параметры и схемы соединения трехфазных линейных электрических цепей переменного тока

| № п/п | UЛ, В | UФ, В | Сопротивления фаз | | | | | | | | | Схема соединения |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RA, Ом | RB, Ом | RC, Ом | XLA, Ом | XLB, Ом | XLC, Ом | XCA, Ом | XCB, Ом | XCC, Ом |
| 1 | 346 | - | 15,36 | 25,8 | 12,5 | 12,9 | - | 21,65 | - | 30,7 | - | Y |
| 2 | - | 127 | 10 | 8 | - | - | - | 15 | - | 6 | 5 | Y |
| 3 | 380 | - | 19,05 | 8,45 | 28,4 | 11 | - | 33,8 | - | 7,1 | - | Δ |
| 4 | - | 127 | 26 | 36 | - | - | 16 | 45 | 36 | - | - | Δ |
| 5 | - | 220 | 31,2 | 13,5 | 43,3 | 21,7 | - | 62,3 | - | 13,5 | - | Y |
| 6 | 380 | - | 12 | - | 10 | 16 | - | - | - | 18 | 15 | Y |
| 7 | 38 | - | 1,88 | 3,8 | 3,1 | 0,68 | - | 2,57 | - | 2,2 | - | Δ |
| 8 | 220 | - | - | 12 | - | - | 16 | 28 | 35 | - | - | Δ |
| 9 | - | 100 | 18,12 | 8,2 | 17,68 | 8,48 | - | 17,68 | - | 5,75 | - | Y |
| 10 | 220 | - | - | 12 | 8 | - | 16 | - | 25 | - | 6 | Y |
| 11 | - | 127 | 6,14 | 2,87 | 1,37 | 5,15 | - | 3,76 | - | 4,1 | - | Δ |
| 12 | - | 220 | - | 6 | 10 | 18 | - | - | 8 | 15 | - | Δ |
| 13 | 1038 | - | 115 | 63 | 78 | 164 | - | 290 | - | 135 | - | Y |
| 14 | - | 220 | 4 | - | 8 | 3 | - | 6 | - | 12 | - | Y |
| 15 | 400 | - | 35,35 | 22,96 | 10,58 | 35,35 | - | 22,65 | - | 32,8 | - | Δ |
| 16 | 380 | - | 12 | - | 16 | 20 | - | 25 | - | 18 | - | Δ |
| 17 | 865 | - | 64,4 | 62,5 | 85,5 | 76, | - | 235 | - | 108,25 | - | Y |
| 18 | - | 220 | 36 | - | - | - | 20 | 50 | 48 | 65 | - | Y |
| 19 | 50 | - | 1,73 | 2,8 | 2,5 | 1 | - | 4,33 | - | 2,8 | - | Δ |
| 20 | - | 127 | - | 8 | - | 12 | - | - | - | 12 | 20 | Δ |
| 21 | 220 | - | 50 | 72 | - | - | 32 | 90 | 72 | - | - | Y |

Продолжение таблицы 5.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 22 | - | 220 | 24 | - | 20 | 32 | - | - | - | 36 | 30 | Y |
| 23 | 380 | - | 100 | 80 | - | - | - | 150 | - | 60 | 50 | Δ |
| 24 | - | 127 | - | - | 120 | 80 | - | 160 | - | 250 | 60 | Δ |
| 25 | 380 | - | - | 60 | 100 | 180 | - | - | 80 | 150 | - | Y |
| 26 | 380 | - | 40 | - | 80 | 30 | - | 60 | - | 120 | - | Y |
| 27 | - | 220 | 120 | - | 160 | 200 | - | 250 | - | 180 | - | Y |
| 28 | 380 | - | 360 | - | - | - | 200 | 500 | 480 | 650 | - | Δ |
| 29 | 220 | - | 80 | - | - | 120 | - | - | - | 120 | 200 | Y |
| 30 | - | 600 | 300 | 126 | 156 | 328 | - | 580 | - | 270 | - | Δ |

**Примечание.** При соединении звездой с нулевым проводом (Y) сопротивления с индексом А включаются в фазу А, с индексом В – в фазу В, с индексом С – в фазу С. При соединении треугольником ( Δ) сопротивления с индексом А включаются в фазу АВ, с индексом В – в фазу ВС, с индексом С – в фазу СА и соответственно обозначаются.

6 Примеры выполнения заданий

6.1 Расчет линейной электрической цепи постоянного тока

Для электрической цепи, изображенной на рисунке 6.1, выполнить следующее:

а) составить на основании законов Кирхгофа систему уравнений для определения токов во всех ветвях схемы;

б) определить токи во всех ветвях схемы, используя метод контурных токов;

в) определить токи во всех ветвях схемы на основании метода наложения;

г) составить баланс мощностей для заданной схемы;

д) построить потенциальную диаграмму для любого замкнутого контура, включающего обе ЭДС.

Дано: Е1 = 40 В, R01 = 1 Ом, E2 = 30 В, R02 = 2 Ом, R1 = 52 Ом, R2 = 24 Ом, R3 = 43 Ом, R4 = 36 Ом, R5 = 61 Ом, R6 = 16 Ом.

Е2,R02

Е1,R01

R6

R1

R4

R5

R2

R3

I1

I2

I3

I6

I5

I4

A

B

C

D

Рисунок 6.1 – Линейная электрическая цепь постоянного тока

6.1.1 Метод узловых и контурных уравнений

Метод узловых и контурных уравнений основан на применении первого и второго законов Кирхгофа. Он не требует никаких преобразований схемы и пригоден для расчета любой цепи.

При расчете данным методом произвольно задаем направление токов в ветвях.

Составляем систему уравнений. В системе должно быть столько уравнений, сколько в цепи ветвей (неизвестных токов).

В заданной цепи шесть ветвей, значит, в системе должно быть шесть уравнений (в = 6). Сначала составляем уравнения для узлов по первому закону Кирхгофа. Для цепи с у узлами можно составить (у - 1) независимых уравнений. В нашей цепи четыре узла (А, В, С, D), значит, число уравнений: 3. Составляем три уравнения для любых 3-х узлов, например, для узлов А, В и С.

А: I4 + I5 – I6 = 0;

B: I2 + I3 – I5 = 0;

С: I1 – I2 – I4 = 0.

Всего в системе должно быть шесть уравнений. Три уже есть. Три недостающих составляем для линейно независимых контуров. Чтобы они были независимыми, в каждый следующий контур надо включить хотя бы одну ветвь, не входящую в предыдущие.

Задаемся обходом каждого контура и составляем уравнения по второму закону Кирхгофа.

Контур АDСА - обход против часовой стрелки:

Е1 = I6R6 + I1 (R1 + R01) + I4R4;

Контур АCBА - обход против часовой стрелки:

Е2 = - I4R4 + I2 (R2 + R02) + I5R5;

Контур DСВD - обход по часовой стрелке:

Е1 + Е2 = I1 (R1 + R01) + I2 (R2 + R02) – I3R3.

ЭДС в контуре берется со знаком "плюс", если направление ЭДС совпадает с обходом контура, если не совпадает – со знаком "минус".

Падение напряжения на сопротивлении контура берется со знаком "плюс", если направление тока в нем совпадает с обходом контура, со знаком "минус", если не совпадает.

Мы получили систему из шести уравнений с шестью неизвестными:

I4 + I5 – I6 = 0

I2 + I3 – I5 = 0

I1 – I2 – I4 = 0

Е1 = I6R6 + I1 (R1 + R01) + I4R4

Е2 = - I4R4 + I2 (R2 + R02) + I5R5

Е1 + Е2 = I1 (R1 + R01) + I2 (R2 + R02) – I3R3.

Решив систему, определим величину и направление тока во всех ветвях схемы.

Если при решении системы ток получается со знаком "минус", значит его действительное направление обратно тому направлению, которым мы задались.

6.1.2 Метод контурных токов

Метод контурных токов основан на использовании только второго закона Кирхгофа. Это позволяет уменьшить число уравнений в системе на у - 1.

Достигается это разделением схемы на ячейки (независимые контуры) и введением для каждого контура-ячейки своего тока - контурного тока, являющегося расчетной величиной.

Итак, в заданной цепи (рисунок 6.2) можно рассмотреть три контура-ячейки (АDСА, АCBА, DСВD) и ввести для них контурные токи I11, I22, I33.

Е2,R02

Е1,R01

R6

R1

R4

R5

R2

R3

I1

I2

I3

I6

I5

I4

A

B

C

D

I11

I22

I33

D´

C´

Рисунок 6.2 – Схема для расчета электрической цепи методом контурных токов

Контуры-ячейки имеют ветвь, не входящую в другие контуры - это внешние ветви. В этих ветвях контурные токи являются действительными токами ветвей.

Ветви, принадлежащие двум смежным контурам, называются смежными ветвями. В них действительный ток равен алгебраической сумме контурных токов смежных контуров, с учетом их направления.

При составлении уравнений по второму закону Кирхгофа в левой части равенства алгебраически суммируются ЭДС источников, входящих в контур-ячейку, в правой части равенства алгебраически суммируются напряжения на сопротивлениях, входящих в этот контур, а также учитывается падение напряжения на сопротивлениях смежной ветви, определяемое по контурному току соседнего контура.

На основании вышеизложенного порядок расчета цепи методом контурных токов будет следующим:

- стрелками указываем выбранные направления контурных токов I11, I22, I33 в контурах-ячейках. Направление обхода контуров принимаем таким же;

- составляем уравнения и решаем систему уравнений или методом подстановки, или с помощью определителей.

Е1 = I11(R1+ R01 + R4 + R6) – I22R4 + I33(R1 + R01)

E2 = I22 (R2 + R02 + R5 + R4) – I11R4 + I33 (R2 + R02)

E1 + E2 = I33 (R1 + R01 + R2 + R02 + R3) + I11(R1 + R01) + I22 (R2 + R02)

Подставляем в уравнение численные значения ЭДС и сопротивлений

40 = I11 (52 + 1 + 36 + 16) – I22 ∙ 36 + I33 (52 + 1)

30 = I22 (24 + 2 + 61 + 36) – I11 ∙ 36 + I33 (24 + 2)

40 + 30 = I33 (52 + 1 + 24 + 2 + 43) + I11 ∙ (52 + 1) + I22 ∙ (24 + 2)

или

40 = 105 I11 – 36 I22 + 53 I33

30 = – 36 I11 +123 I22 + 26 I33

70 = 53 I11 + 26 I22 + 122 I33

Решим систему с помощью определителей. Вычислим определитель системы ∆ и частные определители ∆1, ∆2, ∆3.









Рассчитываем контурные токи:

 (6.1)



 (6.2)



 ...........(6.3)



Определяем действительные токи ветвей:

I1 = I11 + I33 (6.4)

I1 = 0,249 + 0,417 = 0,666 A

I2 = I22 + I33  ……(6.5)

I2 = 0,229 + 0,417 = 0,646 A

I3 = - I33 ……...(6.6)

I3 = - 0,417 A

I4 = I11 – I22 ……..(6.7)

I4 = 0,249 – 0,229 = 0,02 A

I5 = - I22 ……..(6.8)

I5 = - 0,229 A

I6 = I11 (6.9)

I6 = 0,249 A.

6.1.3 Метод наложения

По методу наложения ток в любом участке цепи рассматривается как алгебраическая сумма частных токов, созданных каждой ЭДС в отдельности.

а) Определяем частные токи от ЭДС Е1 при отсутствии ЭДС Е2, т. е. рассчитываем цепь по рисунку 6.3.

R02

Е1,R01

R6

R1

R4

R5

R2

R3

I1´

I2´

I3´

I6´

I5´

I4

A

B

C

D

Рисунок 6.3 – Первая частная схема

Показываем направление частных токов от ЭДС E1 и обозначаем буквой I с одним штрихом (I'). Решаем задачу методом "свертывания".

Заменяем треугольник сопротивлений, состоящий из сопротивлений R4, R5 и R2, R02, на эквивалентную звезду.

....... .(6.10)

 Ом

 .......(6.11)

 Ом

 ........(6.12)

 Ом

Электрическая схема привет вид, показанный на рисунке 6.4.

R4,2

R4,5

R2,5

R6

R3

R1

R01

o

A

B

D

C

I´1

I´6

I´3

Рисунок 6.4 – Преобразованная первая частная схема

Рассчитываем эквивалентное сопротивление цепи в соответствии со схемой соединения элементов, используя формулы для определения эквивалентного сопротивления при последовательном и параллельном соединении резисторов.

 .........(6.13)

 Ом

 .........(6.14)

 Ом

 .........(6.15)

 Ом

 .........(6.16)

 Ом

Рассчитываем ток, потребляемый от источника Е1 по закону Ома для полной электрической цепи:

 .........(6.17)

 А

Применяя формулу разброса и 1-й закон Кирхгофа, вычисляем токи I´6 и I´3:

 .........(6.18)

 А

 .........(6.19)

 А

Ток I´5 определяем по закону Ома, первоначально найдя напряжение UBA:

 .........(6.20)

 В

 .........(6.21)

 В

 .........(6.22)

 В

 .........(6.23)

 A

Рассчитываем токи I´2 и I´4 по первому закону Кирхгофа, составляя уравнения для узловых точек А и В.

А: *I´4 + I´5 - I´6* = 0

*I´4 = I´6 – I´5* …….(6.24)

*I´4* = 0,305 – 0,05 = 0,255 A

B: *I´2 - I´5 - I´3* = 0

*I´2 = I´5 + I´3* …….(6.25)

*I´2* = 0,05 + 0,185 = 0,235 A

б) Определяем частные токи от ЭДС Е2 при отсутствии ЭДС Е1, т. е. рассчитываем простую цепь по рисунку 6.5.

Е2,R02

R01

R6

R1

R4

R5

R2

R3

I´´1

I´´2

I´´3

I´´6

I´´5

I´´4

A

B

C

D

Рисунок 6.5 – Вторая частная схема

Показываем направление частных токов от ЭДС Е2 и обозначаем их буквой I с двумя штрихами (I").

Заменяем треугольник сопротивлений, состоящий из сопротивлений R3, R5 и R6 на эквивалентную звезду.

 …….(6.26)

 Ом

 …….(6.27)

 Ом

 …….(6.28)

 Ом

Электрическая схема привет вид, показанный на рисунке 6.6.

R3,5

R5,6

R3,6

R4

R1

R2

R02

o

A

D

D

B

I´´2

I´´4

I´´1

R01

Рисунок 6.6 – Преобразованная вторая частная схема

Рассчитываем эквивалентное сопротивление цепи в соответствии со схемой соединения элементов, используя формулы для определения эквивалентного сопротивления при последовательном и параллельном соединении резисторов.

 .........(6.29)

 Ом

 ........(6.30)

 Ом

 .........(6.31)

 Ом

 ........(6.32)

 Ом

Рассчитываем ток, потребляемый от источника Е2 по закону Ома для полной электрической цепи:

 .........(6.33)

 А

Применяя формулу разброса и 1-й закон Кирхгофа, вычисляем токи I´´4 и I´´1:

 …….(6.34)

 A

 …….(6.35)

 A.

Ток I´6 определяем по закону Ома, первоначально найдя напряжение UAD:

 …….(6.36)

 B

 …….(6.37)

 B

 …….(6.38)

 B

 …….(6.39)

 A.

Рассчитываем токи I´´3 и I´´5 по первому закону Кирхгофа, составляя уравнения для узловых точек А и D.

А: -*I´´4 + I´´5 - I´´6* = 0

*I´´5 = I´´6 + I´´4* …….(6.40)

*I´´5* = -0,056 + 0,235 = 0,179 A

D: *I´´3 + I´´6 - I´´1* = 0

*I´´3 = I´´1 - I´´6* …….(6.41)

*I´3* = 0,176 + 0,056 = 0,232 A.

Вычисляем токи ветвей исходной цепи (рисунок 6.1), выполняя алгебраическое сложение частных токов, учитывая их направление:

*I1 = I´1 + I´´1*, *I2 = I´2 + I´´2*, *I3 = - I´3 - I´´3*, *I4 = I´4 - I´´4*, *I5 = - I´5 - I´´5*, …….(6.42)

*I6 = I´6 + I´´6*

*I1* = 0,49 + 0,176 = 0,666 A, *I2* = 0,235 + 0,411 = 0,646 A, *I3* = - 0,185 – 0,232 = - 0,417 A,

*I4* = 0,255 – 0,235 = - 0,034 A, *I5* = -0,05 – 0,179 = - 0,283 A, *I6* = 0,305 – 0,056 = 0,249A

6.1.4 Баланс мощностей

Источники Е1 и Е2 вырабатывают электрическую энергию, т. к. направление ЭДС и тока в ветвях с источниками совпадают. Баланс мощностей для заданной цепи запишется так:

Рист = Рпотр …….(6.43)

Рассчитываем мощность источников:

*Рист = Е1∙I1 + E2∙I2* .........(6.44)

Рист = 40∙0,666 + 30∙0,646 = 46,02 Вт

Рассчитываем мощность потребителей:

 .......(6.45)

*Рпотр* = 0,6662∙(52+1) + 0,6462∙(24+2) + 0,4172∙43 + 0,022∙36 + 0,2292∙61 + 0,2492∙16 =

= 46,04 (Вт)

С учетом погрешности расчетов баланс мощностей получился.

Результаты расчетов токов по пунктам 6.2 и 6.3 с учетом ошибок вычислений практически одинаков.

6.1.5 Потенциальная диаграмма

Построим потенциальную диаграмму для любого замкнутого контура, включающего обе ЭДС.

Возьмем контур DCBD (рисунок 6.7). Зададимся обходом контура по часовой стрелке. Заземлим одну из точек контура, пусть это будет точка D. Потенциал этой точки равен нулю φD = 0.

Е2,R02

Е1,R01

R1

R2

R3

I1

I2

I3

C´

B

C

D

D´

Рисунок 6.7 – Контур, содержащий две ЭДС

Зная величину и направление токов ветвей и ЭДС, а также величины сопротивлений, вычислим потенциалы всех точек контура при переходе от элемента к элементу. Начнем обход от точки D.

*φD = 0*

*φD´ = φD – I1R1* …….(6.46)

*φD´* = 0 – 0,666∙ 52 = - 34,632 B

*φC = φD´ + E1 – I1R01 …….*(6.47)

*φC =* - 34,632 + 40 – 0,666∙ 1 = 4,702 B

*φC´ = φC + E2 – I2R02* …….(6.48)

*φC´* = 4,702 + 30 – 0,646 ∙ 2 = 33,41 B

*φB = φC´ - I2R2* …….(6.49)

*φB* = 33,41 – 0,646 ∙ 24 = 17,906 B

*φD = φB + I3R3* …….(6.50)

*φD* = 17,906 + (- 0,417) ∙ 43 = 0 B – проверочная точка.

Строим потенциальную диаграмму (рисунок 6.8). По оси абсцисс откладываем сопротивления контура в той последовательности, в которой производим обход контура, прикладывая сопротивления друг к другу, по оси ординат – потенциалы точек с учетом их знака.

10

20

30

40

50

0

-10

-20

-30

10

20

30

φ, В

D

D´

C

C´

B

D

60

70

80

90

100

110

120

130

R, Ом

Рисунок 6.8 – Потенциальная диаграмма

6.2 Расчет линейной электрической цепи переменного тока

К зажимам электрической цепи, схема замещения которой приведена на рисунке 6.9, подключен источник синусоидального напряжения u =141 sin ωt В частотой *f* = 50 Гц.

Параметры элементов схемы замещения: R1 = 15 Ом, R2 = 8 Ом, R3 = 6 Ом, ХL1 = 10 Ом, ХС2 = 6 Ом, ХL3 = 8 Ом.

Выполнить следующее:

- определить действующие значения токов во всех ветвях цепи;

- записать уравнение мгновенного значения тока источника;

- составить баланс активных и реактивных мощностей;

- построить векторную диаграмму токов, совмещенную с топографической векторной диаграммой напряжений.

İ

İ1

İ4

İ2

İ3

Ů

R1

R4

R2

R3

XL1

XL3

XC2

а

b

c

e

d

f

Рисунок 6.9 – Исходная электрическая цепь переменного тока

Расчет токов в ветвях цепи выполняем методом эквивалентных преобразований.

Представим схему, приведенную на рисунке 6.8, в следующем виде (рисунок 6.10):

İ

İ1

İ4

İ2

İ3

Ů

Z1

Z4

Z2

Z3

а

b

e

Рисунок 6.10 - Преобразованная однофазная электрическая цепь переменного тока

Вычислим комплексные сопротивления всех ветвей:

 .......(6.51)

Ом

 .......(6.52)

 Ом

 .......(6.53)

 Ом

*Z4* = *R4* ……(6.54)

*Z4* = 4 = 4*ej0*° Ом

Рассчитываем общее комплексное сопротивление второй и третьей ветвей:

 .......(6.55)



Рассчитываем общее комплексное сопротивление второй, третьей и четвертой ветвей:

 .......(6.56)

 Ом

Сопротивления Z1 и Z2,3,4 соединены параллельно (между точками а и b или входными выводами). Поэтому эквивалентное комплексное сопротивление всей цепи определяется по следующей формуле:

 .......(6.57)

Ом

Записываем комплексное действующее значение напряжения:

 .........(6.58)

 В,

где  В.

Ток в неразветвленной части цепи I, токи I1, I4 найдем по закону Ома в комплексной форме:

 .........(6.59

 А

 .........(6.60)

 А

 .........(6.61)

 А

Определяем напряжение между точками *е* и *b,* т.е. на выводах параллельных ветвей:

 ……(6.62)

 B.

Рассчитываем токи в параллельных ветвях:

 .........(6.63)

 А

 .........(6.64)

 А.

Записываем уравнение мгновенного значения тока источника:

*i = Imsin (ωt + ψi)* .........(6.65)

*i =* 14,1∙√2 *sin* (314t - 16°4´) A.

Определяем полную комплексную мощность цепи:

 .........(6.66)

 ВА,

где Sист = 1410 ВА, Рист = 1355 Вт, Qист = 390 вар.

Определяет активные и реактивные мощности потребителей:

 .........(6.67)

 Вт

 .........(6.68)

 вар.

Баланс мощностей выполняется:

Рист = Рпотр, Qист = Qпотр.

Рассчитываем напряжения на элементах схемы замещения цепи:

*Uac = I1 R1* = 5,55 15 = 83,25 B

*Ucb = I1 XL1* = 5,55 10 = 55,5 B

*Uae = I4 R4 =* 9,04∙4 = 36,16 B

*Ued = I2 R2 =* 6,39 8= 51,12 B

*Udb = I2 XC2* = 6,39 6 = 38,34 B

*Uef = I3 R3 =* 6,39 6 = 38,34 B

*Ufb = I3 XL3 = 6,39 8=* 51,12B

Строим топографическую векторную диаграмму на комплексной плоскости. Выбираем масштаб: MI = 2 А/см, МU = 10 В/см.

Определяем длины векторов токов и напряжений:

 см,  см,  см,

 см,  см,

см, см,см,

см, см, см,

 см.

На комплексной плоскости в масштабе откладываем векторы токов в соответствии с расчетными значениями, при этом положительные фазовые углы отсчитываем от оси (+1) против часовой стрелки, а отрицательные - по часовой стрелке. Так, вектор тока   
İ = 14,1e-j16°4´ А повернут относительно оси (+1) на угол - 16°4´ и длина его *l*I1, = 2,775 см, вектор тока İ2 = 6,39ej39°46´ А повернут относительно оси (+1) на угол 39°46´ и длина его *l*I2 = 3,195 см и т. д.

Топографическая векторная диаграмма напряжений характерна тем, что каждой точке диаграммы соответствует определенная точка электрической цепи. Построение векторов напряжений ведем, соблюдая порядок расположения элементов цепи и ориентируя векторы напряжений относительно векторов тока: на активном сопротивлении ток и напряжение совпадают по фазе, на индуктивном элементе тк отстает от напряжения на 90°, а на емкостном сопротивлении ток опережает напряжение на 90°. Направление обхода участков цепи выбираем, как принято, противоположно положительному направлению токов.

c

b

a

d

e

f

j

+1

İ2

İ3

İ4

İ1

İ

Ucb

Uac

Ufb

Uef

Uae

Ueb

Ubd

Ued

Uab

Топографическая диаграмма изображена на рисунке 6.11.

Рисунок 6.11 – Топографическая диаграмма

Обход начинаем от точки "b", потенциал которой принимаем за исходный (φb = 0). Точку "b" помещаем в начало координат комплексной плоскости. При переходе от точки "b" к точке "с" потенциал повышается на величину падения напряжения на индуктивном сопротивлении XL1. Вектор этого напряжения Ucb опережает по фазе вектор тока I1 на 90°. Конец вектора Uсb определяет потенциал точки "с". Потенциал точки "а'' выше, чем потенциал точки "с", на величину падения напряжения Uас = I1 R1. Вектор Uас откладываем от точки "с" параллельно вектору тока I1.

Конец Uас определяет потенциал точки "а". Соединив отрезком прямой "а" и "b'', получим вектор напряжения на зажимах цепи  В.

Аналогично строим векторы напряжений других участков цепи, сохраняя обход навстречу току. От точки "b" проводим вектор Udb под углом 90° к вектору I2, учитывая, что ток I2 опережает напряжение Udb. Конец вектора Udb определяет потенциал точки "d". От точки "d" откладываем вектор Ued, cовпадающий по фазе с вектором тока I2, т. к. участок "ed" содержит активное сопротивление R2. Затем от точки "e" откладываем вектор Uae, совпадающий по фазе с током I4. Конец Uае определяет потенциал точки "а".

Аналогично строим векторы напряжений других участков цепи ("fb" и "ef"), сохраняя обход навстречу току.

6.3 Расчет трехфазной линейной электрической цепи переменного тока

6.3.1 Расчет трехфазной цепи при соединении «звездой»

В цепи, изображенной на рисунке 6.12, потребители трехфазного тока соединены звездой.

Известно линейное напряжение Uл = 380 В и сопротивления фаз: Ra = 11 Ом, XLA = 34 Ом, Хса = 53 Ом, RВ = 11 Ом, Xlb = 19 Ом, ХСС = 22 Ом.

Определить полные сопротивления фаз, фазные токи и ток в нейтральном проводе; активную, реактивную и полную мощности каждой фазы и всей цепи.

Построить векторную диаграмму токов и напряжений в масштабе.

XCA

IA

XLA

RA

A

B

IB

XLB

RB

N

C

IN

IC

XCC

Рисунок 6.12 – Соединение трехфазной цепи по схеме «звезда»

Рассчитываем фазное напряжение:

 .......(6.69)

 В.

Выразим в комплексной форме фазные напряжения:

, ,  .......(6.70)

 В,  В,  В.

Выразим сопротивления фаз комплексной форме:

*ZA = RA + jXLА  - jXCA* .......(6.71)

*ZB  = RB + jXLB*

*ZC = -jXCC*

*ZA =* 11 + *j*34 – *j*53 = 11 – *j*19 Ом

*ZB =* 11 + j19 Ом

*ZC =* -*j*22 Ом.

Переведем комплексные сопротивления фаз из алгебраической формы показательную.

 Ом,

где Za = 22 Ом - полное сопротивление фазы А;

φA = -60° - угол сдвига фаз между током и напряжением в фазе А.

Аналогично определяем:

 Ом,

где Zb = 22 Ом; φb = 60°;

ZC = -*j*22 = 22e-*j*90° Ом,

где Z C = 22 0м; φ C = - 90°.

Находим комплексы фазных токов:

, ,  .......(6.72)

 А,

 А,

 А.

Находим алгебраическую форму записи комплексов фазных токов:

 А,

 А,

 А.

Вычисляем ток в нейтральном проводе:

 .........(6.73)

 А.

Вычисляем мощности фаз и всей цепи:

, ,  .........(6.74)

 .........(6.75)

где *SA* = 2200 BA, *PА* = 1100 Вт, *QA* = - 1905,2 вар.



где *SВ* = 2200 BA, *РВ* = 1100 Вт, *QВ* = 1905,2 вар.



где *SС* = 2200 BA, *РС* = 0 Вт, *QС* = - 2200 вар.

 ВА,

где *S* = 3111 BA, *P* = 2200 Вт, *Q* = - 2200 вар.

Построим векторную диаграмму.

Векторная диаграмма напряжений и токов изображена на рисунке 6.13.















Рисунок 6.13 – Векторная диаграмма

На векторной диаграмме под углом 120° друг относительно друга строятся векторы фазных напряжений одинаковой длины.

Векторы фазных токов строятся в масштабе под вычисленными углами φ по отношению к фазным напряжениям. В фазе А нагрузка носит емкостной характер, значит, ток IA опережает напряжение UA на угол φA.

В фазе В нагрузка носит индуктивный характер следовательно, ток Iв отстает от напряжения UB на угол φB.

В фазе С нагрузка емкостная, следовательно, ток Iс опережает напряжение Uc на угол φC = - 90°.

Масштаб MI = 2,5 А / см.

*l*IA =  см,

*l*IB = см,

*l*IC = см.

Ток в нейтральном проводе равен геометрической (векторной) сумме фазных токов:

.

6.3.2 Расчет трехфазной цепи при соединении «треугольником»

В цепи, изображенной на схеме (рисунок 6.14), потребители соединены «треугольником». Известно линейное напряжение Uл = 220 В и сопротивления фаз RAB = 80 Ом, XLAB = 60 Ом, RBC = 60 Ом, XCBC = 80 Ом, RCA = 100 Ом.

Определить полные сопротивления фаз, фазные токи и линейные; полную, активную и реактивную мощности каждой фазы и всей цепи.

Построить векторную диаграмму напряжений и токов в масштабе.

İA

İB

İC

RAB

XLABA

RCA

XCBC

B

C

A

RBC

İAB

İBC

İCA

Рисунок 6.14 – Соединение трехфазной цепи по схеме «треугольник»

Модули фазных напряжений при соединении «треугольником» равны линейным напряжениям Uл = Uф = 220 В, то есть UAB = UBC = UCA = 220 В.

Комплексы данных напряжений запишем из условия, что вектор напряжения UAB совмещен с действительной осью комплексной плоскости:

, ,  .........(6.76)

, , .

Вычислим комплексы фазных сопротивлений:

 .........(6.77)





*ZAB* = 80 + *j*60 Ом

*ZBC* = 60 – *j*80 Ом

*ZCA* = 100 Ом.

Переведем комплексные сопротивления фаз из алгебраической формы показательную.

 Ом,

где ZAB = 100 Ом; φАВ = 36,87°;

Ом,

где ZВС = 100 Ом; φВС = - 53,13°;

 Ом,

где ZСА = 100 Ом; φСА = 0°.

Определяем фазные токи:

, ,  .........(6.78)

 А,

 А,

 Ом.

Находим алгебраическую форму записи комплексов фазных токов:



 

Находим линейные токи из уравнений, записанных по первому закону Кирхгофа для узлов В, А, С (рисунок 6.14):

 .........(6.79)



.

*İA* = 1,76 – *j*1,32 + 1,1 – *j*1,905 = 2,86 – *j*3,225 = 4,329e –j48,43° A;

*İB* = 0,865 – *j*2,024 – 1,76 + *j*1,32 = -0,895 – *j*0,704 = 1,139e j218,18°A;

*İC* = -1,1 + *j*1,905 – 0,865 + *j*2,024 = -1,965 + *j*3,929 = 4,393e j116,57° А.

Вычисляем мощности каждой фазы и всей цепи:

 .........(6.80)









где SAВ = 484 BA, PАВ = 387,2 Вт, QAB = 290,4 вар.



где SВС = 484 BA, PВС = 280,4 Вт, QВС = 387,2 вар.

,

где SСА = 484 BA, PСА = 484 Вт, QСА = 0 вар.

,

где S = 1165 BA, P = 1161 Вт, Q = 96,8 вар.

Строим в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

Векторная диаграмма напряжений и токов изображена на рисунке 6.15.

+j

+1

ŮAB

ŮBC

ŮCA

İAВ

İBС

İCА

- İCА

- İAВ

İA

İB

İC

Рисунок 6.15 – Векторная диаграмма

Векторы фазных токов IAB, IBC, Ica строятся под углами ψАВ, ψВС, ψСА к действительной оси. К концам векторов IAB, IBC, Ica пристраиваются отрицательные фазные токи согласно уравнениям:

İА = İАВ – İВС ........(6.81)

İВ = İВС – İСА

İС = İСА - İВС

Замыкающие векторные треугольники векторов IAB, IBC, ICA представляют в выбранном масштабе линейные токи. Выбираем масштаб: MI = 0,5 А/см.

*l*IAВ = см,

*lIBC=* см,

*lIСА=* см.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кузнецов, И.Н. Научные работы: Методики подготовки и оформления / И. Н. Кузнецов. Мн.: Амалфея, 1998. – 272 с.

Учреждение образования

«Минский государственный колледж электроники»

(14pt, Times New Roman)

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

(22pt, полужирный, Times New Roman)

КР139ТЭМ.015404.081 ПЗ

(14pt, Times New Roman)

**по учебной дисциплине**

**«Теоретические основы электротехники»**

(20pt, полужирный, Times New Roman)

**Тема: Расчет линейных электрических цепей постоянного и переменного тока**

(20pt, полужирный, Times New Roman)

Специальность: 2 – 51 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств

(шифр) (наименование) (14pt)

Разработал учащийся

группы \_\_\_\_\_\_\_ И.О.Фамилия (14pt)

Руководитель И.О.Фамилия (14pt)

Отметка: (14pt)

2014 (14pt )

Учреждение образования

«Минский государственный колледж электроники»

УТВЕРЖДАЮ

Председатель цикловой

комиссии\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20 \_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

**на курсовой проект (работу)**

Учащемуся**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(фамилия, имя отчество)

курса\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ группы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

по учебной дисциплине **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Тема курсового проекта (работы) **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Исходные данные**\_\_\_\_***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

**Состав проекта (работы)**

**Пояснительная записка**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание разделов | Срок выполнения |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Графическая часть проекта**

Лист -1 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Лист -2 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата выдачи « » 20 г.

Срок сдачи « » 20 г.

**Преподаватель – руководитель\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**курсового проекта**

**Подпись учащегося \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**