

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Б. Л. Геллер

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы
для студентов направления подготовки бакалавров
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 621.3 (076)

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный технический университет»

И. Е. Кажекин

Геллер, Б. Л.

Теоретические основы электротехники: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовой работы для студентов бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / Б. Л. Геллер. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. - 14 с.

Учебно-методическое пособие является руководством по выполнению курсовой работы по дисциплине «Теоретические основы электротехники» для обучающихся по направлению подготовки бакалавров 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Курсовая работа предназначена для закрепления теоретического материала и приобретения навыков решения задач.

Список лит. – 4 наименования

Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией Института морских технологий, энергетики и строительства 30.09.2022 г., протокол № 01

УДК 621.3 (076)

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Геллер Б. Л., 2022 г.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 УСЛОВИЯ ВЫБОРА ТЕМЫ И ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	5
2 ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ, ОБЪЕМУ, СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	5
3 ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	11
4 КРИТЕРИИ И НОРМЫ ОЦЕНКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	12
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.....	13

ВВЕДЕНИЕ

Целью курсовой работы является развитие у студентов практических навыков самостоятельного решения задач по важнейшим для студентов направления «Электроэнергетика и электротехника» разделам дисциплины «Теоретические основы электротехники»: трехфазные цепи, периодические несинусоидальные токи, нелинейные электрические и магнитные цепи, расчет переходных процессов в линейной электрической цепи, процессы в линии с распределенными параметрами.

Решение задач вообще при изучении электротехники имеет очень большое значение. Только в результате решения большого количества задач приходит понимание смысла теоретического материала и его практического значения. Основные расчетные формулы, которые каждый специалист в области электротехники должен знать наизусть, естественным образом запоминаются в процессе решения задач, что гораздо эффективнее, чем простое «зазубривание».

Кроме того, выполнение курсовой работы развивает навык логического мышления, совершенствует математическую культуру, воспитывает умение выстраивать путь решения в виде последовательности шагов, дает опыт работы с уравнениями и числами, а также умение представлять результат работы в оформленном виде.

После написания курсовой работы студент должен:

- *знать*: терминологию, понятия и законы в области электрического и магнитного поля, а также теорию электрических и магнитных цепей и методы их анализа в установившихся и переходных процессах;

- *уметь*: формировать законченное представление о полученных практических результатах применения теоретических основ электротехники при решении задач в области электротехники;

- *владеть*: методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях, методами анализа линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока.

1 УСЛОВИЯ ВЫБОРА ТЕМЫ И ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Тема курсовой работы – «Расчет электрических и магнитных цепей». Курсовая работа выполняется по изданию [1]. Распределение вариантов осуществляет преподаватель.

Выполнение курсовой работы включает в себя следующие этапы:

- 1) ознакомление с содержанием задания;
- 2) изучение теоретического материала, необходимого для решения отдельных задач;
- 3) выполнение заданий;
- 4) оформление курсовой работы;
- 5) получение рецензии преподавателя на курсовую работу и ее допуск к защите;
- б) защита курсовой работы.

2 ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ, ОБЪЕМУ, СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

По изданию [1] студент должен решить шесть задач:

Задача 2.2 – Трехфазные цепи.

Задача 2.3 – Периодические несинусоидальные токи.

Задача 3.1 – Расчет переходного процесса в линейной электрической цепи классическим и операторным методами.

Задача 3.6 – Установившиеся процессы в линии с распределенными параметрами.

Задача 4.1 – Расчет нелинейной магнитной цепи.

Задача 4.2 – Расчет нелинейной электрической цепи по мгновенным значениям.

В задаче 2.3 исключаются пункты 5 и 6. Остальные задачи решаются полностью.

Объем работы определяется содержанием заданий. Основные положения, а также все этапы решения должны быть достаточно подробно пояснены. Промежуточные и конечные результаты расчетов должны быть ясно выделены из общего текста.

Важное значение имеет умение правильно представить результаты работы. Помимо методических указаний, приведенных в работе [1], рекомендуется придерживаться еще ряда правил.

Результаты расчетов следует представлять с точностью до трех значащих цифр. В отдельных случаях, например, если происходит вычитание близких чисел, можно для уменьшения погрешности увеличить число значащих цифр до четырех. Калькулятор может выдать результат расчетов с значительно большим числом цифр, при этом создается иллюзия высокой точности, которой на самом деле нет. Необходимо соблюдать общее правило: все цифры любого результата должны быть гарантированы, за исключением цифры младшего разряда, где допускается погрешность в единицу. Кроме того, необходимо учитывать цель расчета. Например, не следует приводить данные для построения графика с излишними значащими цифрами, если единицу младшего разряда невозможно различить на графике. Если в результате расчета получено большое целое число, например, 156382, его лучше записать в форме $1,56 \cdot 10^5$. Точно так же не следует записывать малые числа с большим количеством нулей после запятой, например, число 0,0007829 следует записать как $7,83 \cdot 10^{-4}$.

Все буквенные обозначения физических величин и параметров должны быть ясны из текста. Они должны быть указаны на схеме, либо расшифрованы при первом упоминании в тексте или в пояснениях под формулой.

Формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Для пояснения хода решения формулы допускается нумеровать. Номер записывают на уровне формулы справа в круглых скобках, например, (1). Нумерация ведется либо сквозной нумерацией по всей работе, либо в пределах задачи; в последнем случае номер формулы состоит из номера задачи и номера формулы, разделенных точкой, например (2.3). Ссылки в тексте на порядковые номера

формул дают в скобках. Ссылаться можно только на формулу, расположенную выше ссылки.

Единицы физических величин должны указываться только в системе СИ буквами русского алфавита. Написание единиц физических величин должно соответствовать ГОСТ 8.417. Между числом и обозначением единицы ставят пробел, за исключением обозначений, поднятых над строкой, например: 380 В; 17 %, 90°. Число и обозначение единицы должны быть в одной строке.

Для сокращения записи можно использовать десятичные приставки для обозначения кратных и дольных единиц (мА, кОм).

Изображение на рисунках должно быть четким. Линии должны быть хорошо различимы, символы – легко читаться. Допускается вставка в работу рисунков, выполненных вручную, на бумаге в клетку или миллиметровой бумаге. Допускается ручная доработка рисунков, полученных средствами компьютерной графики или импортированных из других приложений, путем нанесения выносок, поясняющих надписей и т. п.

На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте, например: "На рис. ... изображен ...". Рисунки следует располагать непосредственно после ссылки или на следующей странице.

Один из характерных видов рисунка – это график. При построении графика на его оси наносятся вне поля графика равноотстоящие числа. Рекомендуется наносить их с интервалом 2 см. Около оси координат необходимо написать обозначение величины, которая отложена по данной оси, и единицу измерения. При построении векторных диаграмм рекомендуется изобразить на свободном поле векторы напряжения и тока с указанием величины.

График получается более наглядным, если основная часть кривой имеет наклон, не слишком отличающийся от 45°. В этом случае наиболее удобно анализировать форму кривой. Кривые должны занимать практически всё поле графика.

Если на один и тот же график наносится несколько линий, то их нужно различать указанием символа величины. Допускается различать линии цветом

или пунктиром; в этом случае пояснение различий должно быть приведено в тексте или в подрисуночной надписи.

Курсовая работа оформляется на листах формата А4. Записи на листах выполняются на одной стороне. Допускается выполнение работ на линованных листах в клетку.

Расчет искомых величин желательно вести сначала в общем виде (где возможно), а затем в полученные окончательные формулы поставить числовые значения.

Исходные рисунки и данные заданий рекомендуется выполнять в виде, приведенном в методических указаниях.

Титульный лист содержит название вуза, кафедры, дисциплины, курсовой работы, номер группы, фамилию и инициалы студента и преподавателя. На титульном листе должна быть дата сдачи работы и подпись автора.

Общие методические рекомендации

Перед выполнением курсовой работы необходимо повторить теоретический материал (рекомендуется издание [2]). После этого следует разобрать приведенные в учебнике примеры. Для закрепления навыка решения задач рекомендуется самостоятельно решить несколько задач из задачника [3, 4] на подобную тему, начиная с простых, сверить полученный результат с приведенным в задачнике ответом или решением.

Методические рекомендации к решению задачи 2.2

Важно акцентировать внимание на определении понятий «фазное напряжение» и «линейное напряжение», а также учесть, что фазные и линейные напряжения источника и нагрузки не совпадают. В расчете необходимо учитывать, что трехфазная цепь симметричная, что позволяет, получив токи и напряжения фазы A , упростить нахождение аналогичных величин других фаз.

Активную мощность трехфазной системы рекомендуется определить двумя способами: совпадение результатов говорит об отсутствии ошибок.

На векторной диаграмме должны быть для всех фаз изображены ЭДС, а также токи во всех ветвях и напряжения на всех элементах. После построения векторной диаграммы полезно проверить, совпадает ли полученный построением сдвиг фаз между током и напряжением всех элементов с теоретическим значением.

Методические рекомендации к решению задачи 2.3

Запись разложения в ряд Фурье рекомендуется выполнять в общем виде, и только после проверки правильности разложения подставлять числовые данные. Проверку рекомендуется выполнять путем построения графика приближенного разложения напряжения $u_1(t)$ в программе Mathcad, приняв число членов ряда порядка 10–20. Хорошее совпадение полученного и заданного графиков свидетельствует об отсутствии ошибок в разложении.

Если в разложении присутствуют как синусная, так и косинусная составляющие k -й гармоники, ее следует представлять в виде $A_k \sin(k\omega t + \varphi_k)$.

Обратите внимание, что индуктивные и емкостные сопротивления для разных гармоник отличаются.

Методические рекомендации к решению задачи 3.1

В начале решения задачи следует определить начальные значения тока через индуктивность и напряжения на емкости. Эти значения используются при расчете как классическим, так и операторным методом.

Решение обоими методами предусматривает нахождение корней характеристического уравнения. Но способы получения уравнения различаются: в классическом методе находят входное сопротивление цепи переменному току $Z(j\omega)$, заменяют $j\omega$ на p и приравнивают $Z(p)$ нулю. В операторном методе характеристическое уравнение имеет вид $M(p) = 0$, где $M(p)$ – знаменатель изображения искомой величины, представленного в виде отношения двух полиномов. Совпадение характеристического уравнения при решении обоими методами свидетельствует об отсутствии ошибки. Поэтому нахождение корней выполняется один раз.

Постоянные интегрирования в классическом методе отыскиваются именно для той величины, которую необходимо определить в данном варианте.

Методические рекомендации к решению задачи 3.6

При подготовке к решению задачи 3.6 необходимо уделить особое внимание уяснению физического смысла вторичных параметров линии и их связи с первичными параметрами, а также таких понятий как линия без потерь, падающая и отраженная волны длина волны.

Методические рекомендации к решению задачи 4.1

Следует уяснить аналогию между расчетами нелинейных электрических и магнитных цепей. Аналогом тока I является магнитный поток Φ , аналогом напряжения U – магнитное напряжение U_m , аналогом электродвижущей силы E – магнитодвижущая сила I_w .

Для каждой k -й ветви магнитной цепи необходимо построить нелинейную зависимость потока от магнитного напряжения в соответствии с выражением $U_{mk} = H_k l_k + B \delta_k / \mu_0$. Далее выполняется перестройка кривых $\Phi(U_m)$ с целью выразить все потоки в функции одного аргумента – магнитного напряжения между узлами U_{mab} . Перестройка заключается в зеркальном отражении кривой $\Phi(U_m)$ относительно вертикальной оси и смещении отраженной кривой по горизонтальной оси на величину $\Sigma I_k w_k$. При смещении важно учесть знак МДС. Далее находится величина U_{mab} как точка пересечения кривой $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$ с горизонтальной осью. Проводится вертикаль через точку U_{mab} . Ординаты точек пересечения этой вертикали с перестроенными кривыми потоков дадут значения искомых потоков.

Методические рекомендации к решению задачи 4.2

Несмотря на разнообразие схем и вольтамперных (веберамперных, кулонвольтных) характеристик, решение всех вариантов ведется одним и тем же методом. Все характеристики элементов представлены в виде кусочно-линейной аппроксимации. Поэтому в пределах каждого отрезка характеристики составляют линейные дифференциальные уравнения и находятся искомые величины. При этом анализируется перемещение рабочей точки по

характеристике, и определяется момент перехода на другой отрезок, после чего дифференциальные уравнения составляются и решаются заново. Постоянные интегрирования находят исходя из согласования решений в точке излома характеристики.

3 ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа должна быть представлена на кафедру энергетики в установленные графиками учебного процесса сроки. Дата представления курсовой работы регистрируется в журнале и фиксируется на титульном листе работы. После рецензирования работы преподавателем она возвращается студенту. Студент обязан устранить отмеченные недостатки и подготовиться к защите основных положений своей курсовой работы.

Если курсовая работа не требует доработки, то на титульном листе делается пометка о допуске к защите.

Если курсовая работа требует доработки, то преподаватель, проверяющий курсовую работу, отмечает недостатки работы и дает указания по их устранению. При этом на титульном листе делается соответствующая пометка. После доработки курсовая работа вновь направляется на рецензирование.

Защита курсовых работ проводится в ходе консультаций, проводимых для студентов данной группы по установленному расписанию. В ходе защиты студент показывает знание теоретических положений, используемых в расчетах, обосновывает выбранные методы расчета, последовательность вычислений, способы построения графиков и диаграмм.

4 КРИТЕРИИ И НОРМЫ ОЦЕНКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Оценка «отлично» выставляется, если работа выполнена по исходным данным в соответствии с вариантом, изложение материала отличается логической последовательностью и полностью соответствует заданию, выполнены полностью расчётная и графическая часть пояснительной записки, при защите курсовой работы студент демонстрирует знания по теме курсовой работы и отвечает на все поставленные вопросы, курсовая работа оформлена в соответствии с требованиями настоящих методических указаний.

Оценка «хорошо» выставляется, если работа выполнена по исходным данным в соответствии с вариантом, изложение материала соответствует заданию, допущены погрешности в расчётах, которые не оказали кардинального влияния на конечный результат, имеются несущественные ошибки в графических построениях, учащийся допускает непринципиальные ошибки при ответе на отдельные вопросы при защите курсовой работы, курсовая работа выполнена в соответствии с требованиями настоящих методических указаний.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если работа выполнена по исходным данным в соответствии с вариантом, изложение материала соответствует заданию курсовой работы, выполнены расчётная и графическая часть пояснительной записки, но при этом допущены неточности в расчётах и ошибки в графических построениях, которые студент осознает и может исправить при защите, учащийся затрудняется при ответе на два-три вопроса при защите курсовой работы, нарушены требования к оформлению работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если содержание курсовой работы частично или полностью не соответствует заданию, не все задачи решены, решения содержат принципиальные ошибки, отсутствует или содержит ошибки графическая часть пояснительной записки, курсовая работа выполнена по исходным данным не своего варианта, при защите студент не может объяснить смысл представленных вычислений и построений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники: метод. указания и контрольные задания для студентов технических специальностей вузов / Л. А. Бессонов, И. Г. Демидова, М. Е. Заруди [и др.]. – 3-е изд., испр. – Москва: Высшая школа, 2003. – 159 с.
2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учеб. / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., испр. и доп. – Москва: ЮРАЙТ, 2016. – 701 с.
3. Бессонов, Л. А. Сборник задач по теоретическим основам электротехники: учеб. пособие для вузов / Л. А. Бессонов, И. Г. Демидова, М. Е. Заруди [и др.] – Москва: Высшая школа, 1988. – 543 с.
4. Шебес, М. Р. Задачник по теории линейных электрических цепей: учеб. пособие / М. Р. Шебес, М. В. Каблукова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 1990. – 544 с.

Локальный электронный методический материал

Геллер Борис Львович

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Редактор Э. С. Круглова

Уч.-изд. л. 1,0. Печ. л. 0,8

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1