

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ)
имени М.И. Платова»
Каменский институт (филиал) ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова

Математические задачи электроснабжения

Методические указания
к выполнению лабораторных работ

Каменск-Шахтинский

2015

УДК 519.61(076.5)

Рецензент: к.ф.-м.н. Овчинников О.С.

Печатается по решению кафедры Техники и технологии
протокол № 3 от 06.10.2015 г.

Состина Елена Викторовна

Математические задачи электроснабжения: Методические указания к выполнению лабораторных работ/Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2015.– 23 с.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». В методических указаниях приводятся указания к лабораторным работам, методические указания к самостоятельной работе студентов.

УДК 519.61(076.5)

© Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, 2015

СОДЕРЖАНИЕ:

Введение	4
Методические указания к лабораторным работам	4
Структура и содержание лабораторных работ	4
Лабораторная работа №1	4
Лабораторная работа №2	6
Лабораторная работа №3	7
Лабораторная работа №4	22
Методические указания к самостоятельной работе	23
Литература	26

Введение

Современное состояние развития науки и техники в отрасли проектирования и эксплуатации СЭС промышленных предприятий можно характеризовать следующими особенностями:

а) в соответствии с общей тенденцией к повышению экономической целесообразности всех энергетических установок существенно изменились и повысились требования к оптимизации систем электроснабжения промышленных предприятий. Это в одинаковой степени относится как к действующим, так и к проектируемым или строящимся предприятиям;

б) постоянное изменение состояния промышленных предприятий ставит под сомнение оптимальность решений, принятых на основе анализа статического состояния системы электроснабжения. В этих условиях необходима более совершенная постановка вопроса об осуществлении динамического проектирования с учетом непрерывного изменения электрических нагрузок;

в) решения задач оптимизации основных параметров и режимов систем промышленного электроснабжения все шире в настоящее время опираются на методы математического моделирования, при которых исследуется математическая модель объекта. Наряду с методами классического анализа в практике технико-экономических расчетов широко используются и такие, как теория вероятностей и математическая статистика, линейное, динамическое и критериальное программирование, теория планирования эксперимента и др;

г) в последние годы появились новые средства для решения больших по объему и сложных по характеру оптимизационных задач. При использовании компьютерной техники появилась возможность рассматривать задачи с большим количеством вариантов и более эффективно выявлять факторы, наиболее существенно влияющие на построение оптимальных систем электроснабжения промышленных предприятий. Эти обстоятельства соответствуют требованиям улучшения технико-экономических обоснований проектных решений, предельно сократить сроки их разработки, значительно повысить их качество. Иными словами, создается перспектива широкого внедрения

системы автоматизированного проектирования электроснабжения промышленных предприятий.

Важнейшими требованиями к проектируемым и существующим системам электроснабжения промышленных предприятий является надежность и экономичность. Это прежде всего означает принятие наиболее совершенных технических решений, обеспечивающих рациональное сочетание капитальных затрат на сооружение систем электроснабжения и ежегодных расходов на их эксплуатацию.

В соответствии с принятой методикой технико-экономических расчетов основным экономическим критерием выбора технического решения при проектировании, эксплуатации и реконструкции систем электроснабжения является уровень приведенных затрат. Таким образом, всякие расчеты по оптимизации систем электроснабжения промышленных предприятий должны, прежде всего, обеспечивать минимум приведенных затрат.

В связи с требованиями экономической целесообразности принимаемых решений особую актуальность приобретают исследования, связанные с нахождением оптимальных параметров. Правильное решение проблемы выбора параметров системы электроснабжения имеет важное значение для дальнейшего успешного развития промышленной электроэнергетики.

Целесообразное построение системы электроснабжения определяется решением следующих главных технико-экономических задач:

а) определение рационального размещения подстанций по территории предприятия с учетом перспективы роста электрических нагрузок;

б) правильный технически и экономически обоснованный выбор числа и мощности трансформаторов на трансформаторных подстанциях;

в) выбор экономически целесообразного режима работы трансформаторов.

г) выбор рациональной, с точки зрения технико-экономических показателей, схемы электроснабжения предприятия;

д) выбор рациональных напряжений и оптимального числа трансформаций с учетом перспектив развития промышленных предприятий;

е) выбор экономически целесообразных сечений проводов и жил кабелей;

ж) выбор мощности и рационального размещения компенсирующих устройств;

з) обеспечение показателей качества электрической энергии.

Особое значение в условиях массового проектирования имеет проведение работ, направленных на разработку и создание инженерных методик проектирования и определения оптимальных параметров систем электроснабжения.

В силу того, что основные параметры, определяющие технико-экономические показатели систем электроснабжения (напряжения и сечения линий электропередачи, количество и мощность трансформаторных подстанций и др.), являются дискретными, ограниченными величинами и их взаимосвязь зачастую не поддается строгому математическому описанию, применение классических методов математического анализа для решения задачи проектирования оптимальной системы электроснабжения представляется затруднительным, а иногда и невозможным.

Методы математического программирования, применяемые для такого рода задач, получили развитие лишь в последние 15-20 лет и в силу этого не нашли широкого распространения в проектной практике, хотя работы по их применению для решения отдельных задач электроснабжения промышленных предприятий известны.

Таким образом, при отсутствии строгих математических методов, проектирование рациональных систем электроснабжения промышленных предприятий чаще всего осуществляется методом повариантного сравнения. Проектировщиком формируется ряд технически приемлемых вариантов систем электроснабжения, из которых выбирается оптимальный вариант с минимальными приведенными затратами. Несмотря на большую, сложность, еще более возрастающую с увеличением количества конкурирующих вариантов, этот метод позволяет получить более или менее

приемлемое решение. В то же время метод повариантного сравнения имеет существенные недостатки:

а) среди числа вариантов, принятых для сравнения, наивыгоднейшего варианта может не оказаться;

б) отыскание варианта с наименьшими приведенными затратами связано с большим объемом вычислительной работы, особенно при рассмотрении большого числа конкурирующих вариантов;

в) проведение большого объема вычислений может привести к появлению ошибок, существенно влияющих на принятие проектного решения;

г) при назначении конкурирующих вариантов возможно дублирование проектных ошибок из-за некритического использования инженерного опыта и имеющихся в проектной практике знаний.

Лишь компьютеризация проектирования позволяет успешно использовать этот метод, не меняя его сущность и избегая недостатков, отмеченных выше.

Качественное решение задач оптимизации систем электроснабжения промышленных предприятий сегодня немислимо без применения современных математических методов и компьютерной техники, оснащенные современными пакетами стандартных программ, которые широко используются в проектной практике. Только на этой основе можно говорить и об успешном решении такой важной проблемы, как автоматизация процесса проектирования систем электроснабжения при одновременном повышении экономической эффективности принимаемых проектных решений.

Методические указания к лабораторным работам. Структура и содержание лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Решение системы уравнений табличным методом Гаусса. Обращение матрицы узловых проводимостей.

Цель работы: углубить знания по предмету, а именно записи и преобразования уравнений установившегося режима электрических систем в матричной форме;

- применения различных математических методов решения уравнений установившегося режима, наиболее эффективных при расчетах на ПЭВМ;

Формирование компетенций:

ОПК - 1 - способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.

ОПК – 2 - способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

ОПК-3 - способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей.

Расчетное задание.

1. Формирование схемы и нагрузок сети согласно варианту исходных данных. Составить схемы замещения электрической сети, определить её параметры и нагрузки в узлах.
2. Составить элементарные матрицы параметров режима сети.
3. Рассчитать матрицы узловых проводимостей и матрицы контурных сопротивлений.
4. Формирование уравнений установившегося режима электрической сети. Записать уравнения узловых напряжений при задании нагрузок в токах.
5. Записать контурные уравнения.

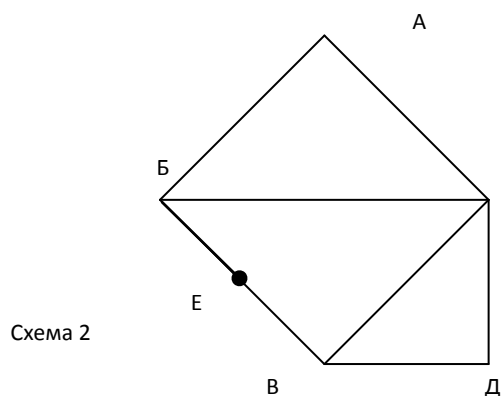
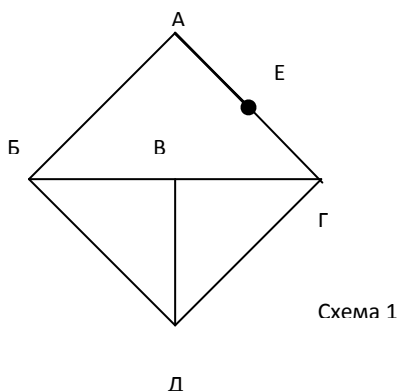
Исходные данные к лабораторной работе.

Схема и параметры электрической сети, нагрузки узловых точек (определяются по методике, изложенной в Таблице 1).

Таблица 1.

			Фамилия	Имя	Отчество		
			Петров	Николай	Иванович		
			X	Y	Z		
Порядковый номер студента в списке группы	Номер схемы	Расположение БУ	Расположение нагрузок и генерирующих источников			Исходные данные для расчета	
1	1	А	Местоположение нагрузок выбирается путем последовательного прибавления к букве, обозначающей БУ, соответственно 2, 4 и 5. Например, если БУ - "Г", то нагрузки будут расположены в точках Г+2=Е, Г+4=Б, Г+5=В.	Длина i-го участка, км			
2		Б		$L_i =$	$5 \cdot X$		
3		В		Мощность БУ, МВт			
4		Г		$P_0 =$	$3 \cdot Y$		
5		Д		Напряжение БУ, кВ			
6	2	Е		$U_0 = (1 + 1/Z) \cdot U_{ном}$			
7		А		Номинальное напряжение, кВ			
8		Б		$U_{ном} =$	110,00		
9		В		Удельное сопротивление, Ом/км			
10		Г		$X_0 =$	0,40		
11	3	Д		Длина участка, км			
12		Е		Длина первого участка		$1.3 \cdot L_i$	
13		А		Длина последнего участка		$0.7 \cdot L_i$	
14		Б		Нагрузки узловых точек, МВт			
15		В		$P_i =$	$P_0 \cdot (1 + 0.05 \cdot Y \cdot i)$		
16	4	Г		Местоположение генераций выбирается аналогичным способом, путем прибавления 3-х букв к БУ, например, Г+3=А			
17		Д					
18		Е					
19		А					
20		Б					
21	4	В					
22		Г					
23		Д					
24		Е					

Схемы сети:



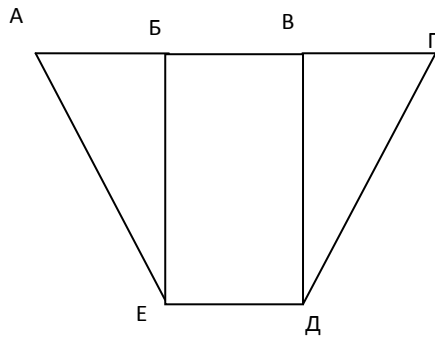


Схема 3

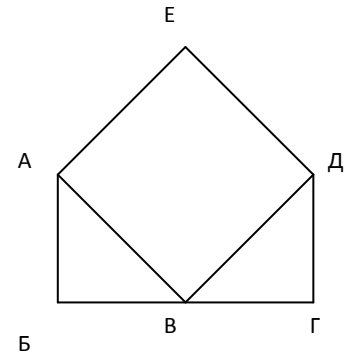


Схема 4

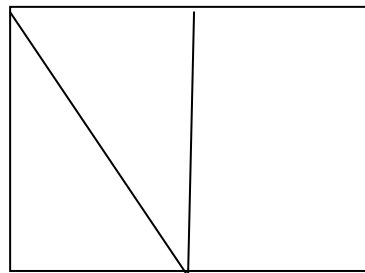


Схема 5

Лабораторная работа №2. Формирование нелинейной системы уравнений узловых напряжений, решение методами простой и ускоренной итерации

Цель работы: углубить знания по предмету и приобрести опыт алгоритмизации расчета установившихся режимов электрических систем, в том числе:

- записи и преобразования уравнений установившегося режима электрических систем в матричной форме;
- применения различных математических методов решения уравнений установившегося режима, наиболее эффективных при расчетах на ПЭВМ;
- анализа результатов расчета нормальных и утяжеленных режимов электрических систем.

Формирование компетенций:

ОПК - 1 - способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.

ОПК – 2 - способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования,

теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

ОПК-3 - способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей.

Расчетное задание.

1. Рассчитать режим электрической сети по нелинейным узловым уравнениям при задании нагрузок в мощностях с использованием итерационных методов
2. Решить методом ускоренной итерации нелинейное узловое уравнение в форме баланса токов.

Исходные данные к лабораторной работе приведены в таблице 1 лабораторной работы №1.

Лабораторная работа №3. Решение нелинейной системы УУН градиентным методом; решение системы уравнений методом Ньютона

Цель работы: углубить знания по предмету и приобрести опыт алгоритмизации расчета установившихся режимов электрических систем, в том числе:

- записи и преобразования уравнений установившегося режима электрических систем в матричной форме;
- применения различных математических методов решения уравнений установившегося режима, наиболее эффективных при расчетах на ПЭВМ;
- анализа результатов расчета нормальных и утяжеленных режимов электрических систем.

Формирование компетенций:

ОПК - 1 - способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.

ОПК – 2 - способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования,

теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

ОПК-3 - способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей.

Расчетное задание.

1. Решить нелинейное узловое уравнение в форме баланса токов методом Ньютона.
2. Решить нелинейных узловых УУН в обращенной форме градиентным методом.
3. Рассчитать потокораспределения в сети на основе рассчитанных узловых напряжений.

Исходные данные к лабораторной работе приведены в таблице 1 лабораторной работы №1.

Лабораторная работа №4. Оценка устойчивости ЭЭС по критериям устойчивости Гурвица, Михайлова и Найквиста

Цель работы: Исследование устойчивости линейных систем при помощи критериев устойчивости Гурвица, Михайлова и Найквиста.

Формирование компетенций:

ОПК - 1 - способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.

ОПК – 2 - способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

ОПК-3 - способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей.

Исходные данные:

Вид передаточной функции разомкнутой системы

$$W(p) = \frac{K_p(t_1p+1)}{(T_1p+1)(T_2p+1)(T_3p+1)}.$$

Варианты заданий исходных данных приведены в таблице 2.

Таблица 2.

	1, 14	2, 15	3, 16	4, 17	5, 18	6, 19	7, 20	8, 21	9, 22	10, 23	11, 24	12
$t_{1,c}$	1	2	3	4	5	6	6	5	4	3	2	1
$T_{1,c}$	2	3	4	5	6	7	7	6	5	4	3	2
$T_{2,c}$	3	4	5	6	7	8	8	7	6	5	4	3
$T_{3,c}$	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4

1. Для заданного варианта аналитически найти условия устойчивости замкнутой системы с единичной обратной отрицательной связью для параметра K_p по критерию Гурвица, Михайлова и Найквиста. Выбрать величину K_p из области устойчивости самостоятельно.

Методические указания к самостоятельной работе

Самостоятельная работа студентов организуется на основе целей и задач программы курса «**Математические задачи электроэнергетики**». Во вводной лекции преподаватель доводит до студентов содержание программы курса, указывает, что должны знать и уметь выпускники института (филиала) по данной дисциплине, приводит основную и дополнительную литературу для самостоятельной работы по курсу. Кроме того, преподаватель обращает внимание студентов на изучение литературы при проведении всех видов занятий, указывая авторов, наименование, издательство и год издания источников, которые необходимо изучить самостоятельно.

Успешное овладение дисциплиной «**Математические задачи электроэнергетики**» предусмотренное рабочей программой, предполагает выполнение ряда рекомендаций.

1. Следует внимательно изучить материалы, характеризующие курс и определяющие целевую установку, а также рабочую программу дисциплины. Это позволит чётко представлять, во-первых, круг изучаемых проблем, во-вторых, – глубину их постижения.

2. Необходимо иметь подборку литературы, достаточную для изучения дисциплины **«Математические задачи электроэнергетики»**. В методических рекомендациях список основной литературы предлагается.

Необходимо использовать следующую литературу: учебники, учебные и учебно-методические пособия; первоисточники по **«Математические задачи электроэнергетики»**.

монографии, сборники научных статей, публикации в журналах, изложенных в журналах и Интернет-ресурсах, приведенных ниже, представляющие эмпирический материал.

справочная литература – энциклопедии, управленческие и экономические словари, тематические, терминологические справочники, раскрывающие категориально понятийный аппарат.

3. Основное содержание той или иной проблемы следует уяснить, изучая учебную литературу. Кроме того, работа с учебником требует постоянного уточнения сущности и содержания дисциплины, ее категорий, посредством обращения к энциклопедическим словарям.

4. Абсолютное большинство проблем рассматриваемых в **«Математические задачи электроэнергетики»** носит не только теоретический, но прикладной характер. Это предполагает наличие у студента не только знания категорий и понятий, но и умения использовать их в качестве инструментария для непосредственного анализа реальных производственных проблем.

5. Изучение дисциплины **«Математические задачи электроэнергетики»** предполагает со стороны студентов систематическую работу с периодическими изданиями, особенно статьями из журналов, с целью глубокого понимания современных тенденций развития науки и накопления фактического материала.

Контроль за самостоятельной работой студентов преподаватель осуществляет на лабораторных занятиях, привлекая студентов к решению задач, а также предлагая к выполнению тесты промежуточного и итогового контроля, разработанные по нескольким вариантам.

Учитывая подготовленность того или иного студента, преподаватель может поставить перед ним задачу по более

углубленному изучению проблемы и сообщению студентами результатов на занятиях, отведенных под проверку самостоятельной работы студентов по курсу.

Основная учебная литература

1. Губарь Ю.В. Введение в математическое программирование. Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007 г. - 199 с. <http://www.knigafund.ru/books/177085>
2. Грешилов А.А. Прикладные задачи математического программирования.- 2-е изд. Доп.-М: Логос, 2006. – 368 с. <http://www.knigafund.ru/books/178072/>
3. Краткий курс высшей математики: Учебник / Балдин К.В., Рукосуев А.В., Балдин Ф.К., Джеффаль В.И., Кочкин Н.А., Шустова Е.В. - М: Дашков и К, 2009. - 512 с. - Режим доступа: <http://www.knigafund.ru>
4. Курс высшей математики. В 2 книгах. Книга 1. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Шнейдер В., Слуцкий А., Шумов А. - М: Мир и образование, 2009. - 544 с. - Режим доступа: <http://www.knigafund.ru>
5. Пантелеев А.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения в примерах и задачах: Уч. пособ. – М.: «ВШ», 2001.- 376 с.

Дополнительная учебная литература

6. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: учебник / В. И. Идельчик.-М.:Альянс, 2009.- 592 с.

Учебно-методическое издание

Состина Елена Викторовна

Математические задачи электроэнергетики

Отв. за вып. Е.Ю. Хаустова

Подписано в печать 06.10.2015г.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 0,87. Уч.изд.л. 0,94, Заказ 50.

Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

Каменский институт (филиал) ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова

347800, г. Каменск-Шахтинский, пр.Карла Маркса, 23.

E-mail: kpi_mail@mail.ru