

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

В. В. Кибартас

**УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению лабораторных работ для студентов магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 621.31

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
М.С. Харитонов

Кибартас, В.В.

Управление энергопотреблением в электроэнергетических системах: учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Electric power systems consumption management / Управление энергопотреблением в электроэнергетических системах» для студентов магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Electrical power engineering and electrical engineering / **В. В. Кибартас**. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 15 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ приведены задания и методические указания к выполнению расчетных и лабораторных работ. Лабораторные работы предназначены для практического закрепления теоретического материала по расчету задач оптимизации электроэнергетических систем на персональном компьютере.

Рис. 2, табл. 1, список лит. – 6 наименований

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией Института морских технологий, энергетики и строительства 25.10.2023 г., протокол № 12

УДК 621.31

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калининградский
государственный технический
университет», 2023 г.
© Кибартас В.В., 2023 г.

Оглавление

Введение	4
Общие указания по освоению лабораторного практикума.....	5
Правила техники безопасности.....	6
Лабораторная работа №1 «Решение задач линейного программирования на персональном компьютере»	8
Лабораторная работа № 2 «Транспортные задачи электроэнергетики»	10
Лабораторная работа № 3 «Решение на персональном компьютере задач оптимального размещения мощности компенсирующих устройств в схеме электроснабжения»	12
Библиографический список.....	14

Введение

Дисциплина «Electric power systems consumption management / Управление энергопотреблением в электроэнергетических системах» формирование систематизированных знаний, умений и навыков в области современных электроэнергетических систем в части решения оптимизационных задач.

Целью освоения дисциплины является формирование системы знаний, необходимых для решения оптимизационных задач в области электроэнергетики.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление с конкретным математическим аппаратом для прикладных исследований;
- изучение методов оптимизации, используемых в электроэнергетике;
- изучение методов математического программирования;
- ознакомление с программным обеспечением современной вычислительной техники.

По завершении изучения дисциплины «Electric power systems consumption management / Управление энергопотреблением в электроэнергетических системах» у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

Знать: физические основы формирования режимов электропотребления, основные теоретические положения и нормативные документы в области оценки текущего и прогнозируемого энергопотребления в энергосистеме.

Уметь: использовать математический аппарат при использовании методов управления электропотреблением в электроэнергетических системах.

Владеть: основными подходами к прогнозированию электропотребления в электроэнергетическую систему и влиянию прогнозирования на режим её работы.

Целью лабораторного практикума является закрепление теоретических знаний и формирование умений и навыков при решении задач в области профессиональной деятельности с использованием специализированного программного обеспечения.

Задачами лабораторного практикума являются:

- освоение методов решения задач линейного программирования;
- освоение методов решения транспортных задачи электроэнергетики;
- освоение методов решения задач оптимального размещения мощности компенсирующих устройств в схеме электроснабжения.

По завершении освоения лабораторного практикума у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

Знать: физические основы формирования режимов электропотребления.

Уметь: использовать математический аппарат в области оптимизации параметров режимов в электроэнергетических системах.

Владеть: основными методами решения оптимизационных задач в области электроэнергетики.

Общие указания по освоению лабораторного практикума

Лабораторные работы проводятся с использованием специализированного учебного оборудования и (или) компьютерных программ. Основная информация по устройству и принципу действия лабораторной установки и (или) работе специализированного программного обеспечения приведена в учебно-методическом пособии. В случае необходимости перед проведением лабораторной работой непосредственно на месте проведения преподаватель или инженер проводит инструктаж по основным особенностям выполнения лабораторной работы.

Для контроля готовности студентов к выполнению лабораторной работы непосредственно на месте проведения работы преподавателем проводится опрос в устной форме по ключевым особенностям работы с лабораторной установкой (программой): техника безопасности, цель и задачи исследования, принцип взаимодействия с установкой (программой), порядок проведения исследования, ожидаемые результаты. Студенты, прошедшие контроль, допускаются к выполнению лабораторной работы. Студенты, не справившиеся с контролем, допускаются к работе после устранения замечаний.

После выполнения лабораторной работы студенты на основе материалов учебно-методического пособия и указаний преподавателя самостоятельно (в часы самостоятельной работы) выполняют обработку и интерпретацию полученных данных и готовят отчеты по лабораторной работе. Отчет должен не только содержать результаты проведенного исследования, но и отражать осмысление сущности изучаемых явлений, взаимосвязи экспериментальных данных и теоретических положений. Наличие отчета по лабораторной работе является условием для допуска к защите работы.

Защита лабораторной работы проводится в форме ответа на контрольные вопросы, а также ответа на вопросы по существу изучаемого явления, примененной методологии экспериментального и аналитического исследования, взаимосвязи экспериментальных данных и теоретических положений.

На выполнение одной лабораторной работы отводится два лабораторных занятия (4 академических часа). На защиту одной лабораторной работы отводится 1 академический час. На правила техники безопасности отводится 1 академический час. Текущий контроль освоения дисциплины в форме представления и защиты отчетов по лабораторным работам осуществляется в форме контактной работы в электронной информационной образовательной среде университета. Защита также может проводиться на занятиях, предусмотренных для выполнения лабораторных работ, в оставшееся после выполнения работ время при условии, что это не снижает качество освоения лабораторного практикума.

Правила техники безопасности

1. Общие требования охраны труда

Безопасность жизнедеятельности при проведении лабораторных работ в лабораториях кафедры энергетике обязательна для профессорско-преподавательского состава, учебно-вспомогательного персонала и студентов.

К проведению лабораторных работ допускаются лица, прошедшие инструктаж с росписью в журнале. Инженер, обслуживающий лабораторию, должен иметь группу допуска с ежегодной проверкой. В лаборатории должна быть медицинская аптечка с набором медикаментов первой медицинской помощи, а также лаборатория должна быть укомплектована средствами пожаротушения. На видном месте должна висеть инструкция по противопожарной технике безопасности.

Во время проведения занятий запрещено находиться в лаборатории в верхней одежде, либо размещать верхнюю одежду в помещении лаборатории. Перед проведением лабораторных занятий студенты обязаны изучить лабораторную работу. Без разрешения преподавателя проведение лабораторных работ запрещается.

Ответственный за проведение лабораторных работ уходит последним из лаборатории, убедившись, что рабочее место убрано, а компьютеры и стенды отключены.

2. Требования по охране труда перед началом работы

1. Осмотреть состояние помещения: достаточна ли освещенность, работает ли вентиляция проветривания помещения, позволяет ли температура в помещении комфортно проводить работы без верхней одежды, не загромождено ли место проведения занятий посторонними предметами.

2. Осмотреть состояние электрических соединений, рубильников, автоматов и прочих переключающих средств.

3. Все студенты должны расписаться в контрольном листе.

4. Студенты должны внимательно изучить описание работы, при необходимости выяснить неясные моменты.

3. Требования охраны труда в аварийных ситуациях

1. При обнаружении пожара необходимо:

- прекратить работу, оповестить окружающих о пожаре;
- сообщить о пожаре на вахту, сообщить о возгорании в пожарную охрану по тел. **01** или по тел. **101 (112)** мобильной связи, сообщить при этом точное место пожара, что горит, свою фамилию;
- принять меры по эвакуации людей и спасению оборудования.

- отключить от сети электрооборудование;
- приступить к тушению пожара своими силами с помощью имеющихся подручных средств пожаротушения;
- если погасить очаг горения не представляется возможным, необходимо плотно закрыть окно, дверь не запирая замок и покинуть опасную зону;

2. При поражении электрическим током немедленно обесточить стенд и приступить к оказанию первой помощи пострадавшему. При необходимости вызвать скорую помощь по тел. **03**. или по тел. **103 (112)** мобильной связи.

Лабораторная работа №1 «Решение задач линейного программирования на персональном компьютере»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Найти экстремальное значение линейной целевой функции при ограничениях, заданных в форме линейных равенств и (или) неравенств, и граничных условиях, указывающих диапазон изменения переменных.

ЗАДАНИЕ

Составить математическую модель оптимизационной задачи. Определить экстремальное значение линейной целевой функции при заданных ограничениях.

Предприятие планирует выпускать продукцию, включающую три вида изделий ($i = 1, 2, 3$). Для изготовления каждого i -го изделия требуются три вида ресурсов: энергетические, финансовые и сырьевые ($j = 1, 2, 3$).

Наличие на предприятии каждого j -го ресурса ограничено величиной b_j ; норма расхода j -го ресурса на одно i -е изделие составляет a_{ji} ; прибыль от реализации одного i -го изделия составляет z_i .

Таблица 1 – Исходные данные к лабораторной работе

№ варианта	b_1	b_2	b_3	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{31}	a_{32}	a_{33}	z_1	z_2	z_3
1	100	80	120	2,5	3	3,5	5	3,5	4	4	3,5	5	5	6	7
2	90	130	80	3	4	4	4	3	3,5	5	2,5	4	7	5	6
3	80	120	100	5	3,5	5	3,5	4	2,5	3	4	5	6	7	5
4	120	100	70	4	3	3,5	4	2,5	4	4,5	3,5	2,5	5	7	6
5	80	100	120	3	3,5	2,5	4	5	3,5	3,5	4	3	6	7	5
6	110	90	100	3	2,5	4	5	4	2,5	4,5	3	4	5	6	7
7	100	120	90	2,5	4	3	2,5	3	4	3,5	3	5	7	5	6
8	130	80	100	2,5	3	4	3,5	4	5	3,5	4	2,5	6	5	7
9	100	110	80	4	3,5	5	3	2,5	4	3,5	4,5	3	6	7	5
10	90	80	120	3	2,5	4	3	3,5	2,5	4	3	3,5	7	5	6

ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

1. Ознакомление с правилами техники безопасности;
2. Инструктаж и ознакомление с содержанием предстоящей работы;
3. Изучение структуры работы в программе Excel, запуск программы, определение типа задачи;
4. Выполнение лабораторной работы;

5. Подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет должен содержать: титульный лист; содержание отчета; введение; краткие теоретические сведения; ход выполнения работы; результаты лабораторной работы; заключение.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое целевая функция?
2. Как математически записывается целевая функция?
3. Как задаются граничные условия при решении оптимизационных задач?
4. Как задаются начальные условия при решении оптимизационных задач?
5. Что такое глобальный экстремум функции?
6. Что такое локальный экстремум функции?
7. В чем заключается алгоритм решения оптимизационной задачи?
8. Для чего нужны начальные приближения при поиске экстремума?
9. Что из себя представляет алгоритм поиска глобального экстремума?
10. Как формулируется задача линейного программирования?
11. Как графически определить область допустимых значений переменных целевой функции?
12. Что такое линии равного уровня целевой функции?
13. Где находится оптимальное решение оптимизационной задачи относительно многогранника ограничений?
14. В чем заключается идея симплекс-метода при решении задач линейного программирования?
15. Что такое базисная переменная при решении задач линейного программирования?
16. Что такое свободная переменная при решении задач линейного программирования?

Лабораторная работа № 2 «Транспортные задачи электроэнергетики»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Закрепление теоретического материала по математической формализации транспортных задач.

ЗАДАНИЕ

Составить математическую модель транспортной задачи.

В системе электроснабжения имеется два узла с источниками питания и три узла потребителей. Мощности источников составляют A_1 и A_2 , а мощность потребителей B_1 , B_2 , и B_3 е.м. Взаимное расположение узлов и возможные к сооружению линии электрической сети представлены на рисунке 1. Удельные затраты на передачу мощностей по линиям между узлами источников и потребителями составляют Z_{11} , Z_{12} , Z_{13} , Z_{21} , Z_{22} , Z_{23} у.е/е.м.

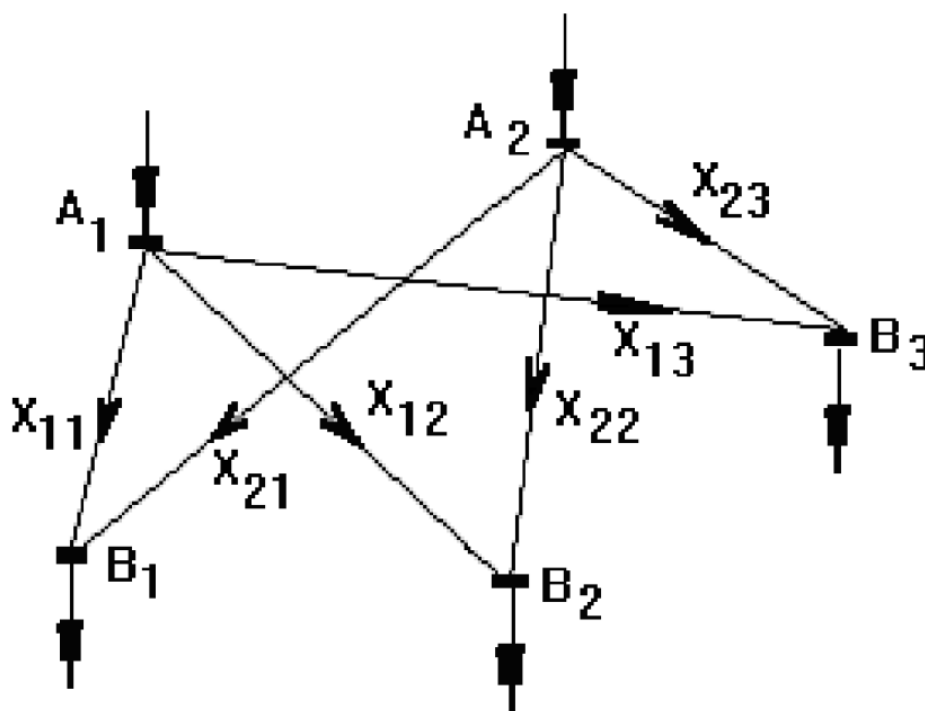


Рисунок 1 – Расположение узлов и возможные к сооружению линии электрической сети

ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ:

1. Ознакомление с правилами техники безопасности;
2. Инструктаж и ознакомление с содержанием предстоящей работы;

3. Изучение структуры работы в программе Excel, запуск программы, определение типа задачи;
4. Выполнение лабораторной работы;
5. Подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет должен содержать: титульный лист; содержание отчета; введение; краткие теоретические сведения; ход выполнения работы; результаты лабораторной работы; заключение.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается смысл транспортной задачи применительно к электроэнергетике?
2. Как определить количество переменных в транспортной задаче применительно к электроэнергетике?
3. В чем заключается смысл граничных условий транспортной задачи применительно к электроэнергетике?
4. Какие балансы учитываются при решении транспортной задачи применительно к электроэнергетике?
5. Куда должна стремиться целевая функция при оптимизации транспортной задачи?
6. Каковы особенности формулировки транспортной задачи применительно к электрическим сетям?
7. Что такое транзитный узел схемы электрической сети?
8. Что означает транзит мощности в транспортной задаче?

Лабораторная работа № 3 «Решение на персональном компьютере задач оптимального размещения мощности компенсирующих устройств в схеме электроснабжения»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Закрепление теоретического материала по математической формализации нелинейных оптимизационных задач.

ЗАДАНИЕ

Составить математическую модель оптимизационной задачи. Решить на персональном компьютере задачу оптимального размещения мощности компенсирующих устройств в схеме электроснабжения в соответствии с математической моделью и по заданным преподавателем исходным данным.

В схеме электроснабжения (рисунок 2) следует распределить между узлами 1, 2 и 3 суммарную мощность компенсирующих устройств, равную Q_k . Критерий оптимальности – минимум потерь активной мощности в схеме.

Напряжение сети U , активные сопротивления линий R_i , реактивные нагрузки узлов Q_i и суммарная мощность компенсирующих устройств Q_k .

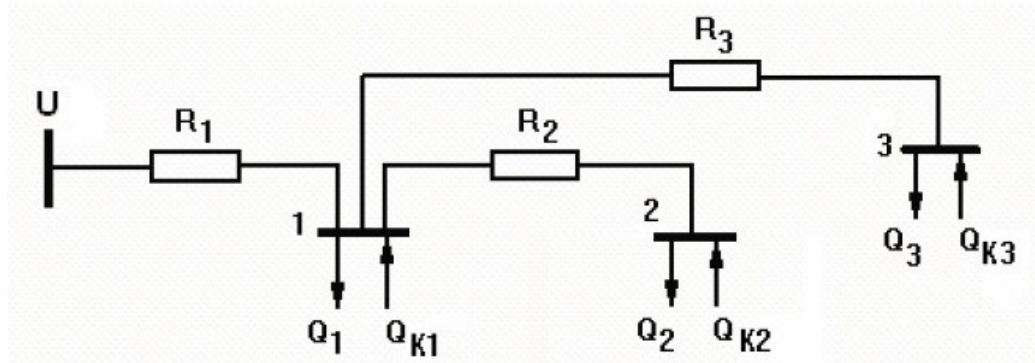


Рисунок 2 – Схема электроснабжения

ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

1. Ознакомление с правилами техники безопасности;
2. Инструктаж и ознакомление с содержанием предстоящей работы;
3. Изучение структуры работы в программе Excel, запуск программы, определение типа задачи;
4. Выполнение лабораторной работы;
5. Подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет должен содержать: титульный лист; содержание отчета; введение; краткие теоретические сведения; ход выполнения работы; результаты лабораторной работы; заключение.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое компенсация реактивной мощности потребителя?
2. Как выглядит целевая функция, учитывающая суммарные затраты на установку устройств компенсации и потери активной мощности в схеме?
3. Каковы ограничения при работе электросети с учетом компенсации реактивной мощности?
4. Как выглядит целевая функция, учитывающая затраты на потери активной мощности в схеме?
5. Что такое градиент целевой функции?
6. Как проявляются условия неопределенности оптимизационных задач?
7. Что такое компенсация реактивной мощности потребителя?
8. Какие электротехнические устройства используются в качестве компенсаторов реактивной мощности?
9. Из каких составляющих складывается баланс денежных затрат на компенсацию реактивной мощности?
10. Каков критерий оптимальности при компенсации реактивной мощности в электросети?
11. Как выглядит целевая функция, учитывающая суммарные затраты на установку устройств компенсации и потери активной мощности в схеме?
12. Приведите пример простейшей магистральной схемы электроснабжения.
13. Приведите пример простейшей радиальной схемы электроснабжения.
14. Приведите пример простейшей схемы компенсации реактивной мощности.
15. Как располагаются потребители при радиальной и магистральной схемах электроснабжения?
16. В чем измеряются реактивные нагрузки узлов схемы электроснабжения?

Библиографический список

1. Ушаков, В.Я. Современные проблемы электроэнергетики: учебное пособие / В.Я. Ушаков. — Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. — 447 с.: (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
2. Ананичева, С.С. Модели развития электроэнергетических систем: учебное пособие / С.С. Ананичева, П.Е. Мезенцев, А.Л. Мызин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург: УрФУ, 2014. - 149 с.: схем., табл. — Библиогр. В кн. — ISBN 978-5-321-02313-6; (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
3. Антонов, С.Н. Проектирование электроэнергетических систем: учебное пособие / С.Н. Антонов, Е.В. Коноплев, П.В. Коноплев. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2014. — 101 с.: схем., табл., ил.; (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
4. Основы научных исследований: Учебное пособие / Б. И. Герасимов [и др.]; рец.: В. Д. Жариков, Н. А. Чайников, Н. Г. Астафьева. — М.: Форум, 2013. — 272 с.
5. Костин, В. Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учебное пособие. — СПб.: СЗТУ, 2003 — 120 с.
6. Ашманов, С. А., Тимохов, А. В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях: Учебное пособие. 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 448 с: ил. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/3799/>

Локальный электронный методический материал

Виктор Витаутасович Кибартас

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 1,2. Печ. л. 0,9

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