

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

В. Ф. Белей, Г. В. Коцарь

**DISTRIBUTED GENERATION TECHNOLOGIES
ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 621.311

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
И.Е. Кажекин

Белей, В. Ф.

Distributed generation technologies / Технологии распределенной генерации: учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / **В. Ф. Белей, Г. В. Коцарь.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 18 с.

Учебно-методическое пособие содержит методические материалы по изучению дисциплины, которые включают тематический план занятий, методические указания по выполнению студентами самостоятельной работы, вопросы для самоконтроля по темам, оценочные средства и критерии оценивания.

Табл. – 1, список литературы – 7 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 31.05.2023 г., протокол № 09

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2023 г.
© Белей В. Ф., Коцарь Г. В., 2023 г.

Содержание

Введение	4
Тематический план занятий	8
Тема 1. Определение, достоинства и задачи, решаемые в ходе реализации распределённой генерации	8
Тема 2. Концепция мини-сетей (mini-grids)	9
Тема 3. Биоэлектростанции: первичные энергоресурсы, выбор электрических схем	10
Тема 4. Микро- и малые гидроэлектростанции: конструкция, расчёт их мощности, схемы выдачи мощности в электроэнергетическую систему	11
Тема 5. Ветроэлектростанции: оценка ветропотенциала территории размещения станции, выбор типа и мощности, схем выдачи мощности в электроэнергетическую систему.....	12
Тема 6. Солнечные электростанции: оценка потенциала территории, выбор мощности, схем выдачи мощности в электроэнергетическую систему	13
Тема 7. Накопители электроэнергии на базе литий-ионных аккумуляторов	14
Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов ..	15
Библиографический список.....	16
Приложение А. Контрольные вопросы по дисциплине	17

Введение

Дисциплина «*Distributed generation technologies / Технологии распределенной генерации*» входит в состав основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

Целью дисциплины является формирование систематизированных знаний в области технологий распределённой генерации энергии, охватывающих традиционные и нетрадиционные установки малой мощности, возобновляемые источники энергии, в том числе при реализации концепции мини-сетей (Mini-grids).

В результате освоения дисциплины студент должен:

- Знать: технологии распределённой генерации энергии, охватывающие традиционные и нетрадиционные установки малой мощности, возобновляемые источники энергии, в том числе при реализации концепции мини-сетей (Mini-grids).
- Уметь: использовать полученные знания при решении конкретных задач развития, проектирования и функционирования установок распределённой генерации энергии с обеспечением требуемого уровня надежности.
- Владеть: методами планирования и выбора установок распределённой генерации энергии для обеспечения концепция развития и самообеспеченности энергией региона и мини-сетей (Mini-grids).

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания к практическим занятиям;
- задания для выполнения контрольной работы (для студентов заочной формы обучения).

В соответствии с учебным планом по дисциплине «*Distributed generation technologies / Технологии распределенной генерации*» предусмотрено выполнение практических работ. Перед началом выполнения практической работы обучающиеся изучают задание и после методических указаний преподавателя приступают к его выполнению. Защита работы проводится либо на очередном практическом занятии, либо в часы индивидуальных или групповых консультаций преподавателя. Обучающийся, защитивший работу с ответами на вопросы, получает оценку «зачтено» за данную практическую работу.

Тестовые задания по дисциплине используются для текущего контроля освоения дисциплины. Тестирование студентов проводится на практических занятиях. Каждый вариант теста включает в себя 10 вопросов, на каждый из которых приведены четыре варианта ответа.

Оценка по тестовым заданиям определяется количеством допущенных ошибок:

- «отлично» - при одной ошибке;
- «хорошо» - не более двух ошибок;
- «удовлетворительно» - не более трех ошибок;
- «неудовлетворительно» - четыре и более ошибок.

Студенты заочной формы обучения должны выполнить контрольную работу. В процессе работы над контрольной работой студент закрепляет навыки, полученные в ходе изучения дисциплины. Выполнение контрольной работы является самостоятельным видом учебного процесса. Студент несет полную ответственность за полученные результаты, принятые решения и окончание работы в назначенный срок. Результат работы учитывается при промежуточной аттестации по дисциплине.

Критерии оценивания различаются для расчетной части и устных ответов при защите работы. По результатам выполнения расчетной части и последующей защиты выставляется оценка: «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» за выполнение расчетных заданий выставляется при следующих условиях:

- Методика и порядок расчета верные.
- Ошибки отсутствуют, либо имеются несущественные вычислительные ошибки.
- Имеются вычислительные ошибки, обусловленные невнимательностью при расчетах, которые не привели к существенному искажению результата.
- Имеются незначительные ошибки в методологии, ошибки в промежуточных расчетах, обусловленные неполным пониманием принципа расчета, при этом конечный результат имеет приемлемые отклонения.

Оценка «не зачтено» выставляется, если при расчетах применена неверная методология, нарушен порядок расчета, имеется серьезная системная ошибка, обусловленные непониманием принципа расчета и приведшие к ошибочному результату.

Целью устной защиты является демонстрация понимания решаемых задач и самостоятельности при выполнении работы. Вопросы к устной защите контрольной работы ограничиваются описанием хода решения, а также интерпретацией полученных результатов и не выходят за рамки заданий. Оценка «зачтено» за устные ответы по работе выставляется при соблюдении следующих условий:

- Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект.
- В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации.
- В состоянии найти необходимую информацию для решения поставленной задачи.

Промежуточная аттестация по дисциплине «*Distributed generation technologies / Технологии распределенной генерации*» проводится в форме дифференцированного зачета. К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине относятся контрольные вопросы по дисциплине.

Промежуточная аттестация проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости:

1. Выполненные и защищенные в полном объеме практические работы, предусмотренные программой;
2. Выполненный на положительную оценку тест;
3. Выполненная и защищенная контрольная работа (для студентов заочной формы обучения).

Промежуточная аттестация по дисциплине «*Distributed generation technologies / Технологии распределенной генерации*» проводится в форме дифференцированного зачета и проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, используемым в случае непрохождения всех видов текущего контроля успеваемости, относятся:

- контрольные вопросы по дисциплине (приложение А).

Критерии оценивания представлены в табл. 1.

Порядок и правила выставления оценки по дисциплине преподаватель сообщает обучающимся в начале учебного семестра.

Таблица 1 - Система и критерии оценивания

Система оценок Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
Осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Тематический план занятий

Тема 1. Определение, достоинства и задачи, решаемые в ходе реализации распределённой генерации

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции) и семинарского (практические занятия) типа.

Ключевые вопросы темы:

1. Определение распределённой генерации.
2. Состав технологий распределённой генерации.
3. Применение возобновляемых источников энергии в распределённой генерации.
4. Достоинства и недостатки распределённой генерации.
5. Задачи, решаемые в ходе реализации распределённой генерации.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Что такое распределённая генерация?
2. Назовите основные сферы применения распределённой энергетики.
3. Какова роль распределённой генерации в глобальной трансформации энергосистем?
4. На каком уровне развита распределённая генерация в России?
5. Перечислите основные преимущества и недостатки распределённой генерации.

Тема практической работы: оценка перспектив развития распределённой генерации в Калининградской области.

Задание: проанализируйте Схему и программу перспективного развития электроэнергетики Калининградской области и приведите примеры возможного использования технологий распределённой генерации и возобновляемой энергетики в регионе.

Исходные данные (учебные): Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Калининградской области.

Цель выполнения задания: ознакомление с основными понятиями распределённой генерации применительно к Калининградской области.

Тема 2. Концепция мини-сетей (mini-grids)

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции) и семинарского (практические занятия) типа.

Ключевые вопросы темы:

1. Определение мини-сетей.
2. Применение мини-сетей.
3. Структура мини-сетей.
4. Принцип работы мини-сетей.
5. Преимущества и недостатки мини-сетей.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Что представляет собой мини-сеть?
2. Какими преимуществами и недостатками обладают мини-сети?
3. Каким образом осуществляется подключение мини-сетей к энергосистеме?
4. Какой экономический эффект приносят мини-сети?
5. В чём состоит преимущество использования мини-сетей в изолированных регионах?

Тема практической работы: оценка перспектив применения мини-сетей предприятиями Калининградской области.

Задание: используя информацию из открытых источников, приведите примеры возможного перспективного использования мини-сетей предприятиями и учреждениями Калининградской области.

Исходные данные (учебные): Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Калининградской области.

Цель выполнения задания: ознакомление с технологией мини-сетей и достоинствами её применения.

Тема 3. Биоэлектростанции: первичные энергоресурсы, выбор электрических схем

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции) и семинарского (практические занятия) типа.

Ключевые вопросы темы:

1. Потенциал биотоплива.
2. Классификация процессов производства биотоплива.
3. Выбор мощности биоэлектростанций.
4. Выбор схемы выдачи мощности биоэлектростанции.
5. Социально-экологические аспекты использования биоэлектростанций.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. На какие виды делятся биоэлектростанции?
2. Какое топливо может быть использовано биоэлектростанцией?
3. Каким потенциалом биотоплива обладает Калининградская область?
4. Какими преимуществами и недостатками обладают биоэлектростанции?
5. Какую роль в распределённой генерации играют биоэлектростанции?

Тема практической работы: оценка энергетического потенциала биотоплива.

Задание: определить объём биогаза, получаемого с помощью генератора биогаза, утилизирующего навоз n коров. Определить обеспечиваемую им мощность.

Исходные данные (учебные): задаваемые преподавателем скорость подачи сухого сбраживаемого материала с одного животного V_m (кг/сут), выход биогаза C (м³/кг), эффективность горелочного устройства η , содержание метана в получаемом биогазе f_m , время пребывания очередной порции в биогенераторе t_r .

Цель выполнения задания: изучение методов оценки энергетического потенциала биотоплива.

Тема 4. Микро- и малые гидроэлектростанции: конструкция, расчёт их мощности, схемы выдачи мощности в электроэнергетическую систему

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции) и семинарского (практические занятия) типа.

Ключевые вопросы темы:

1. Существующие технологии использования энергии движения водных потоков и оценка их потенциала.
2. Классификация гидроэнергетических установок.
3. Выбор мощности микро- и малых ГЭС.
4. Выбор схемы выдачи мощности микро- и малых ГЭС.
5. Социально-экологические аспекты использования гидроэлектростанций.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Что такое технический потенциал энергии движения водных потоков?
2. Какими достоинствами и недостатками обладают малые гидроэлектростанции?
3. Какие параметры определяют мощность, переносимую волной?
4. Как можно повысить эффективность застроенной окружающей среды за счет использования водной энергии?
5. Какие гидроэлектростанции называются малыми?

Тема практической работы: оценка потенциала энергии движения водных потоков.

Задание: рассчитать потенциальную энергию реки.

Исходные данные (учебные): задаваемые преподавателем протяженность участка реки L (км), падение на участке h (м), средний расход на участке Q (м³/с).

Цель выполнения задания: научиться оценивать потенциал энергии движения водных потоков.

Тема 5. Ветроэлектростанции: оценка ветропотенциала территории размещения станции, выбор типа и мощности, схем выдачи мощности в электроэнергетическую систему

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции) и семинарского (практические занятия) типа.

Ключевые вопросы темы:

1. Ветроэнергетический потенциал.
2. Виды ветрогенераторов.
3. Выбор мощности ветроэлектростанции.
4. Выбор схемы выдачи мощности ветроэлектростанции.
5. Социально-экологические аспекты использования ветроэнергетики.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Как соотносятся между собой валовой, технический и экономический ветропотенциал?
2. На какие виды делятся ветрогенераторы?
3. Каким образом можно рассчитать скорость ветра для высоты, превышающей высоту флюгера?
4. Какими достоинствами и недостатками обладает ветроэнергетика?
5. Какую роль играет ветроэнергетика в распределённой генерации?

Тема практической работы: проверка метеостанций на репрезентативность.

Задание: используя данные о повторяемости направлений ветра и штилей, по шкале Милевского определить общий класс открытости станции. Сделать вывод о репрезентативности станции (класс открытости не ниже 7б).

Исходные данные (учебные):

Румб	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
ΔФ, %	5	8	10	13	11	21	20	12	4
К _{табл}	9б	9б	6б	7б	6б	6б	9б	9б	

Цель выполнения задания: научиться определять достоверность метеорологических данных, используемых для расчёта ветроэнергетического потенциала.

Тема 6. Солнечные электростанции: оценка потенциала территории, выбор мощности, схем выдачи мощности в электроэнергетическую систему

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции) и семинарского (практические занятия) типа.

Ключевые вопросы темы:

1. Потенциал солнечной энергии.
2. Виды солнечных электростанций.
3. Выбор мощности солнечной электростанции.
4. Выбор схемы выдачи мощности солнечной электростанции.
5. Социально-экологические аспекты использования солнечной энергетики.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Какую долю валового потенциала солнечной энергии составляет экономический потенциал?
2. На какие виды делятся солнечные электростанции?
3. Каким образом может быть осуществлено подключение солнечной электростанции к энергосистеме?
4. Какую роль играет солнечная энергетика в распределённой генерации?
5. Каким потенциалом солнечной энергии обладает Калининградская область?

Тема практической работы: оценка потенциала солнечной энергии.

Задание: рассчитайте суммарный поток солнечной энергии, падающий на неподвижную наклонную плоскую площадку.

Исходные данные (учебные): географические координаты, дата, время суток, угол наклона площадки, определяемые преподавателем.

Цель выполнения задания: научиться оценивать потенциал солнечной энергии.

Тема 7. Накопители электроэнергии на базе литий-ионных аккумуляторов

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции) и семинарского (практические занятия) типа.

Ключевые вопросы темы:

1. Технические характеристики литий-ионных накопителей.
2. Сфера применения накопителей на базе литий-ионных аккумуляторов.
3. Преимущества и недостатки накопителей на базе литий-ионных аккумуляторов.
4. Методика определения параметров литий-ионных накопителей.
5. Роль накопителей электроэнергии в распределённой генерации.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Какими преимуществами обладают накопители электроэнергии на базе литий-ионных аккумуляторов по сравнению с другими видами накопителей?
2. Для чего используются накопители электроэнергии?
3. Какие параметры характеризуют накопители электроэнергии?
4. Что препятствует масштабному использованию накопителей электроэнергии на базе литий-ионных аккумуляторов?
5. Какую роль играют накопители в распределённой генерации?

Тема практической работы: выбор накопителя на базе литий-ионных аккумуляторов.

Задание: выберите накопитель на основе литий-ионных аккумуляторов для Калининградской энергосистемы, обеспечивающий повышение надёжности её функционирования в автономном режиме.

Исходные данные (учебные): Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Калининградской области.

Цель выполнения задания: изучение вопросов применения накопителей электроэнергии на базе литий-ионных аккумуляторов.

Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов является обязательной частью образовательного процесса. Наряду с изучением лекционного материала необходимо самостоятельно более подробно рассмотреть указанные в данном пособии темы. Подготовка к практическим занятиям заключается в изучении теоретического материала с использованием учебно-методических пособий, нормативной документации. Только после этого можно приступить к выполнению практических заданий.

После проработки теоретического материала, выполнения практической работы нужно ответить на вопросы для самоконтроля. Ответы должны быть развернутыми, опираться на данные из нормативной документации, дополнительной литературы, материалов исследований и своего опыта.

При освоении данной дисциплины студент должен пройти тестирование. Тестирование проводится на практических занятиях, каждый вариант теста включает в себя 10 вопросов.

Студенты заочной формы обучения должны выполнить контрольную работу. В процессе работы над контрольной работой студент закрепляет навыки, полученные в ходе изучения дисциплины. Выполнение контрольной работы является самостоятельным видом учебного процесса. Студент несет полную ответственность за полученные результаты, принятые решения и окончание работы в назначенный срок. Контрольная работа представляется преподавателю, выдавшему задание. Контрольная работа проверяется преподавателем, который дает краткий устный отзыв. В нем дается заключение о допуске или не допуске работы к защите. При наличии существенных недостатков контрольная работа возвращается студенту и должна быть им доработана, а после повторно представлена для проверки.

Библиографический список

1. Электрические станции: ежемес. произв.-техн. журн./ учредитель: Минэнерго России, ОАО "Федеральная сетевая компания ЕЭС", Электроэнергетическая Ассоциация "Корпорация ЕЭЭК", научно-техническая фирма "Энергопрогресс", НП "Научно-технический Совет ЕЭС"; гл. ред.: Гурген Ольховский. - Москва: НТФ "Энерго-прогресс", 1930 - . - 29 см: а-цв.ил. - Входит в Перечень ВАК. - URL : <http://www.elst.energy-journals.ru/>. - Срок хранения 15 лет. - Выходит ежемесячно, Ред.: Ольховский Г. Г. - ISSN 0201-4564
2. Электричество: ежемес. научно-техн. журн./ учредитель Русское техническое общество, РАН СССР: - Москва: ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет МЭИ - Входит в Перечень ВАК. - URL. <http://etr1880.mpei.ru> - Срок хранения 15 лет. - Выходит ежемесячно, Ред.: Бутырин П.А.
3. Альтернативная энергетика и экология/ Международный научный журнал / Изд-во Общество с ограниченной ответственностью Научно-технический центр ТАТА. - Входит в Перечень ВАК. - https://elibrary.ru/title_about.asp?id=8395 - Выходит ежемесячно.
4. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902187046> (дата обращения: 19.09.2022).
5. ГОСТ Р 58491-2019. Технические требования к объектам генерации на базе ветроэнергетических установок.
6. Бессель, В. В. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов: учеб.-методич. пособие / В. В. Бессель, В. Г. Кучеров, Р. Д. Мингалеева. – Москва: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2016. – 90 с.
7. Потенциальное использование древесных отходов для производства энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/3/t0269e/t0269e08.htm> (Дата обращения: 19.09.2022).

Приложение А. Контрольные вопросы по дисциплине

1. Что такое распределенная генерация?
2. Достоинства применения распределенная генерации.
3. Какие задачи решает распределенная генерации?
4. Что собой представляет концепция мини-сетей (Mini-grids)?
5. Пояснить конструкцию и режимы работы схем распределительных устройств электростанций и подстанций.
6. Какие главные электрические схемы применяются для биоэлектростанций?
7. Какие параметры используются при выборе мощности мини-ГЭС?
8. Главные электрические схемы, используемые в мини- и микро- гидроэлектростанциях.
9. Какие из ветроэнергетических установок потребляют из сети реактивную мощность?
10. Какое отношение мощности ветроэнергетической установки или ветропарка к мощности короткого замыкания в токе их подключения к сети должно быть, чтобы обеспечить их работу в заданном диапазоне напряжения?
11. Какие из ветроэнергетических установок не имеют редуктор?
12. Какие особенности имеют ветроэнергетические установки для использования в холодном климате?
13. Электрические схемы ветроэнергетических установок.
14. Каким образом осуществляется преобразование электроэнергии от солнечной электростанции в электроэнергетическую систему.
15. Гидроаккумулирующие электростанции: устройство, технические характеристики и область применения.
16. Устройство, технические характеристики и области применения накопителя на базе литий-ионных аккумуляторов?

Локальный электронный методический материал

Валерий Феодосиевич Белей, Герман Владимирович Коцарь

DISTRIBUTED GENERATION TECHNOLOGIES
ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 1,3. Печ. л. 1,2.

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