

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 27.07.2023 11:11:53
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Энергоэффективные электрические сети и системы с интеллектуальным управлением»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

**«РЕЛЕЙНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
СИСТЕМ»**

для подготовки магистров

по направлению

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

по программе

**«Энергоэффективные электрические сети и системы с интеллектуальным
управлением»**

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

старший преподаватель Соклакова М.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОЭ
14.03.2022, протокол № 4/2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭА, 16.03.2022, протокол № 7

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	ТОЭ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	2
Семестр	4
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	8
Лабораторные занятия (академ. часов)	6
Иная контактная работа (академ. часов)	4
Все контактные часы (академ. часов)	18
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	90
Всего (академ. часов)	108
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (семестр)	4
Курсовая работа (семестр)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«РЕЛЕЙНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Дисциплина обеспечивает выпускников знаниями в области релейного управления электротехническими системами и релейной защиты систем от воздействия внешних и внутренних неблагоприятных условий. Действия, происходящие в энергосистеме, отличаются быстротой и единством процессов производства, распределения и потребления энергии, которые практически невозможны без средств автоматического управления. Релейное управление характеризуется быстротой, эффективностью и достаточной простотой реализации. Изучение различных методов расчета параметров автоколебательного режима позволяет исследовать как штатный автоколебательный режим, так и возможность исключения автоколебательного режима работы в случае, если таковой режим нежелателен. В дисциплине рассматриваются различные методы расчета параметров автоколебаний, анализа устойчивости, даются рекомендации по выбору оптимального метода решения. Большое внимание также уделено принципам и устройствам релейной защиты, которые позволяют как эффективно ликвидировать последствия аварий электрооборудования и нештатных режимов, так и предотвратить их. Для решения поставленных задач используются понятия и методы теории электрических цепей и теории автоматического управления.

SUBJECT SUMMARY

«RELAY CONTROL FOR THE PROTECTION OF ELECTRICAL SYSTEMS»

The course provides graduates with knowledge in the field of relay control of electrical systems and relay protection of systems from external and internal adverse

conditions. The actions taking place in the power system are distinguished by the speed and unity of the processes of production, distribution and consumption of energy, which are practically impossible without automatic controls. Relay control is characterized by speed, efficiency and sufficient ease of implementation. The study of various methods for calculating the parameters of the self-oscillating mode makes it possible to study both the standard self-oscillating mode and the possibility of excluding the self-oscillating mode of operation if such a mode is undesirable. The discipline examines various methods for calculating the parameters of self-oscillations, stability analysis, and gives recommendations on choosing the optimal solution method. Much attention is also paid to the principles and devices of relay protection, which allow both to effectively eliminate the consequences of electrical accidents and abnormal modes, and to prevent them. To solve the set tasks, the concepts and methods of the theory of electrical circuits and the theory of automatic control are used.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цель дисциплины -получение теоретических знаний об основах релейной защиты и практических навыков, которые позволяют предотвратить многие нежелательные последствия внешних и внутренних неблагоприятных условий.
2. Задачи дисциплины -сформировать знания и умения в области предотвращения аварийных ситуаций и управления процессами в электротехнических устройствах.
3. В результате освоения дисциплины студент должен приобрести знание основ релейного управления и релейной защиты позволит эффективно регулировать процессы в электротехнических системах.
4. В результате изучения дисциплины студент должен приобрести умение проводить теоретические и экспериментальные исследования систем релейного управления, а также умения, позволяющие организовать группу технических специалистов для предотвращения аварийных ситуаций и управления процессом.
5. В результате изучения студент должен приобрести навыки предотвращения аварийных ситуаций и защиты от неблагоприятных условий.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Методы и средства математической оптимизации в области технических систем»
2. «Нейронные сети для математического моделирования устройств и систем»
3. «Основы теории надежности электроэнергетических систем»

4. «Индустриальные помехи и электромагнитная совместимость в электроэнергетике»

5. «Основы проектирования электротехнических систем»

6. «Учебная практика (ознакомительная практика)»

7. «Производственная практика (научно-исследовательская работа)»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Производственная практика (проектная практика)»

2. «Производственная практика (преддипломная практика)»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-2	Способен анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем
<i>ПК-2.3</i>	<i>Владеет методами анализа систем управления сложными электротехническими объектами и технологическими процессами</i>
СПК-9	Способен организовать процесс разработки концепции системы электроснабжения объектов капитального строительства
<i>СПК-9.2</i>	<i>Формирует перечень аварийных ситуаций в работе системы электроснабжения объекта капитального строительства</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	2			
2	Основы релейного управления	2	2		30
3	Трансформаторы тока и напряжения	1	2		30
4	Основы релейной защиты электротехнических систем	2	2		30
5	Заключение	1		4	
	Итого, ач	8	6	4	90
	Из них ач на контроль	0	0	0	4
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	-предмет и содержание курса
2	Основы релейного управления	-расчет параметров автоколебательных режимов; -приближенные методы расчета автоколебаний; -расчет параметров симметричных автоколебаний в замкнутой форме; -расчет параметров несимметричных автоколебаний в замкнутой форме; -особые случаи автоколебательных систем; -устранение нежелательных автоколебательных режимов; -анализ устойчивости автоколебательных режимов; -частотные методы анализа устойчивости автоколебательных режимов; -анализ устойчивости симметричных автоколебаний; -анализ устойчивости несимметричных автоколебаний; -анализ устойчивости особых случаев автоколебательных систем

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Трансформаторы тока и напряжения	-трансформаторы напряжения; -назначение трансформаторов напряжения; -трансформаторы напряжения в схемах релейной защиты; -трансформаторы тока; -назначение трансформаторов тока; -особенности работы трансформаторов тока в схемах релейной защиты;
4	Основы релейной защиты электротехнических систем	-классификация защит; -максимальные токовые защиты; -токовая защита с блокировкой по напряжению; -токовые ступенчатые защиты; -дистанционная защита: -особенности защиты электрооборудования энергосистем; -выбор типа защит; -защита трансформаторов и автотрансформаторов; -защита от внутренних повреждений; -защита от внешних замыканий; -дистанционная защита; -другие виды защит
5	Заключение	-обобщение лекционного материала по курсу; -подведение итогов

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Расчет параметров автоколебательных режимов и анализ устойчивости	2
2. Трансформаторы напряжения и тока в схемах релейной защиты	2
3. Моделирование релейных защит	2
Итого	6

4.3 Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

4.4 Курсовое проектирование

Цель работы (проекта): Исследование режима работы релейной системы и выбор типа релейной защиты.

Содержание работы (проекта): Расчет автоколебательного режима релейной системы аналитическим методом, исследование устойчивости полученного решения, оценка различных типов релейных защит.

Требование к содержанию: ПЗ должна включать в себя следующие структурные элементы: титульный лист; задание на КР; аннотацию на русском и английском языках; содержание; определения, обозначения и сокращения (при необходимости); введение; основную часть; заключение; список использованных источников; приложения (при необходимости). Требование к оформлению.

Пояснительная записка должна быть отпечатана в черном цвете на принтере через 1,5 интервала на одной стороне белой бумаги формата А4. Активную площадь листа Пояснительной записки ограничивают поля: слева 30 мм, справа 10 мм, сверху и снизу соответственно 20 и 25 мм. Высота букв основного текста должна быть не менее 2,5 мм (размер шрифта 14). Абзацный отступ – 1.25 см, шрифт – Times New Roman. Все иллюстрации (чертежи, схемы, графики, диаграммы) именуется рисунками. Каждый рисунок сопровождается подрисуночной надписью, которая состоит из номера рисунка и его названия. Рисунки нумеруются арабскими цифрами и в тексте работы на них обязательно должны быть даны ссылки. Нумерация рисунков в пределах всей КР сквозная. Схемы должны соответствовать требованиям государственных стандартов ЕСКД. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, размер шрифта 14. Таблицы нумеруются арабскими цифрами последовательно в пределах всей КР. На все таблицы в тексте должны быть ссылки. Формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Формулы, при необходимости, нумеруются в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Количество использованных источников 2-5 наименований.

Требования к сдаче и защите: Сдача курсовой работы на проверку осуществляется через электронную образовательную среду Moodle по адресу курса, указанному в п.5.3 или электронную почту, личный кабинет СПбГЭТУ до нача-

ла экзаменационной сессии. К защите курсовой работы допускаются студенты, полностью и правильно выполнившие задание курсовой работы, в случае неправильного выполнения -курсовая работа возвращается для исправления. Защита курсовой работы осуществляется индивидуально на лабораторно-экзаменационной сессии согласно расписанию..

Темы:

№ п/п	Название темы	Перевод темы
1	Анализ режимов работы релейных систем	Analysis of the operating modes of relay systems
2	Аналитический расчет релейных систем	Analytical calculation of relay systems

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	15
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	15
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	15
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	16
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	12
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	10
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	4
ИТОГО СРС	90

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Неклепаев, Борис Николаевич. Электрическая часть электростанций и подстанций [Текст] : учеб. для электроэнерг. спец. вузов. / Б. Н. Неклепаев, 1986. -640 с.	13
2	Щербаков, Евгений Федорович. Электроснабжение и электропотребление в строительстве [Текст] : учеб. пособие / Е. Ф. Щербаков, Д. С. Александров, А. Л. Дубов, 2012. -511 с.	неогр.
3	Хорольский В. Я. Эксплуатация электрооборудования [Электронный ресурс] : учебник, 2018. -268 с.	неогр.
Дополнительная литература		
1	Морозов, Дмитрий Александрович. Аналитический расчет релейных цепей и систем [Текст] : [монография] / Д. А. Морозов, М. В. Соклакова, Э. П. Чернышев, 2012. -126, [1] с.	10

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Описание MATLAB: http://www.mathworks.com/
2	Экспонента: MATLAB, Simulink, центр инженерных технологий и моделирования. http://www.exponenta.ru/

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=6090>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Релейное управление для защиты электротехнических систем» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

Допуск к дифференцированному зачету по результатам выполнения контрольной работы, выполнения и успешной защиты 3 лабораторных работ и курсовой работы. Билет содержит 2 теоретических вопроса. Оценка по итогам дифференцированного зачета выставляется как средний балл, полученный за ответы по всем вопросам.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Расчет параметров автоколебательных режимов
2	Расчет параметров симметричных автоколебаний в замкнутой форме
3	Особые случаи автоколебательных систем
4	Анализ устойчивости автоколебательных режимов
5	Анализ устойчивости симметричных автоколебаний
6	Анализ устойчивости особых случаев автоколебательных систем
7	Максимальные токовые защиты
8	Токовые ступенчатые защиты
9	Особенности защиты электрооборудования энергосистем
10	Защита трансформаторов и автотрансформаторов

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

БИЛЕТ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ЗАЧЕТА № 1

Дисциплина Релейное управление для защиты электротехнических систем

1. Расчет параметров симметричных автоколебаний в замкнутой форме
2. Токовая защита с блокировкой по напряжению

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Е.Б. Соловьева

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Контрольная работа:

1. Расчет параметров автоколебательных режимов

Пример задания:

Рассчитать параметры автоколебаний в релейной цепи с отрицательным гистерезисом для заданной передаточной функции и ширины петли гистерезиса:

$$H(s) = \frac{-80N}{s^3 + 3,45s^2 + 3,15s + 0,5}, 2\sigma = 2N, \text{ где } N - \text{ номер варианта.}$$

2. Расчет трансформаторов напряжения

Пример задания:

Рассчитать параметры трансформатора напряжения при заданной мощности и КПД (выбрать тип сердечника, рассчитать число витков обмоток и сечение проводов обмоток).

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
6	Трансформаторы тока и напряжения	Отчет по лаб. работе
10	Основы релейного управления	Отчет по лаб. работе
13	Основы релейной защиты электротехнических систем	Отчет по лаб. работе
15	Основы релейного управления Основы релейной защиты электротехнических систем	Контрольная работа
17	Основы релейного управления Трансформаторы тока и напряжения Основы релейной защиты электротехнических систем	Защита КР / КП

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий).

на лабораторных занятиях

В процессе обучения по дисциплине «Релейное управление для защиты электротехнических систем» студент обязан выполнить **3 лабораторных работ**. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита.

Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 3 человек. Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения

экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на дифференцированный зачет.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и лабораторных занятиях студентов по методикам, описанным выше, а также включает выполнение **Контрольной работы** (п. 6.2), которая выдается и выполняются для самостоятельного изучения материала.

По контрольной работе выставляются оценки: Оценка "отлично" ставится, если задача решена правильно; оценка "хорошо" ставится, если задача решена частично; оценка "удовлетворительно" ставится, если задача решена не полностью, ход решения правильный; оценка "неудовлетворительно" ставится, если задача не решена, ход решения неправильный. Проверка работы осуществляется через электронную образовательную среду университета. По результатам контроля самостоятельной работы студент получает допуск на диф-

ференцированный зачет.

при выполнении курсовой работы

Контроль выполнения **курсовой работы** осуществляется в соответствии с методическими указаниями по курсовому проектированию и заданием на курсовую работу, определяющим сроки представления работы к защите. К защите курсовой работы допускаются студенты, полностью и правильно выполнившие задание курсовой работы, в случае неправильного выполнения - курсовая работа возвращается для исправления. Защита курсовой работы осуществляется индивидуально. Оценка "отлично" - студент показал знание теоретического материала по рассматриваемой теме, умение анализировать, делать выводы, показал умение кратко, доступно представить результаты работы, ответил на поставленные вопросы, оформление отвечает требованиям написания курсовой работы. Оценка "хорошо" - студент показал знание теоретического материала по рассматриваемой теме, однако умение анализировать, делать обобщения и выводы вызывают у него некоторые затруднения, имеются небольшие недочеты в оформлении, затруднился при ответе на один вопрос. Оценка "удовлетворительно" - студент не в полной мере владеет теоретическим материалом, не может сделать обобщение и выводы, имеются ошибки в оформлении, затрудняется в ответах на поставленные вопросы. Оценка "неудовлетворительно" - студент допустил принципиальные ошибки при ответе на вопросы. Студенты, не защитившие курсовую работу, не допускаются к экзамену по дисциплине и считаются имеющими академическую задолженность.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска	
Лабораторные работы	Лаборатория	Аудитория оснащена компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета. Количество посадочных мест, оснащенных ПК – в соответствии с контингентом. Рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) Multisim 10 и выше 4) Labview
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА