



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Ю.М. Горбенко
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)
« 19 » июня 2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой
Электроэнергетики и электротехники
(название кафедры)

Н.В. Силин
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
« 19 » июня 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Управление качеством электроэнергии

Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль «Электроэнергетические системы и сети»

Форма подготовки (очная)

курс 4 семестр 8
лекции 22 час.
практические занятия 44 час.
лабораторные работы час.
в том числе с использованием МАО лек.4 /пр.8 /лаб. час.
всего часов аудиторной нагрузки 66 час.
в том числе с использованием МАО 12 час.
самостоятельная работа 51 час.
контрольные работы (количество)
курсовая работа семестр
зачет семестр
экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министра науки и высшего образования Российской Федерации от 28 февраля 2018, № 144.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Электроэнергетики и электротехники, протокол № 17 от «19» июня 2019 г.

Заведующая (ий) кафедрой Н.В. Силин
Составитель (ли): ст. преподаватель Г.И. Бурлакова

Владивосток
2019

Оборотная сторона титульного листа РПУД

Пересмотрена и утверждена на заседании УС Школы

_____ « 24 » июня 2021 г. (протокол № 13)

Пересмотрена и утверждена на заседании УС

ДВФУ _____ « 15 » июля 2021 г. (протокол № 08-21)

Пересмотрена и утверждена на заседании УС

Школы _____ « _____ » _____ 20__ г. (протокол № ____)

Пересмотрена и утверждена на заседании УС

ДВФУ _____

« _____ » _____ 20__ г. (протокол № ____)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Управление качеством электроэнергии» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроэнергетические системы и сети» и входит в дисциплины учебного плана, формируемые участниками образовательных отношений (Б1.В.03).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа (4 зачётные единицы). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (22 часа), практические занятия (44 часов) и самостоятельная работа студента (51 час, в том числе 27 часов на экзамен). Дисциплина реализуется в 8 семестре на 4 курсе. Форма контроля по дисциплине – экзамен.

Дисциплина «Управление качеством электроэнергии» опирается на уже изученные дисциплины, такие как «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электроснабжение городов и сельской местности», «Энергетические системы». В свою очередь она является «фундаментом» для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР). Дисциплина изучает основные положения нормативных документов по качеству электроэнергии.

Цели дисциплины:

- изучение нормативных документов в области качества электрической энергии, режима нейтрали электроустановок, учета электрической энергии;
- овладение студентами методами определения показателей качества электрической энергии;
- получение знаний и навыков анализа режимов систем электроснабжения при различных режимах нейтрали.

Задачи дисциплины:

1. Изучить нормативные требования, предъявляемые к качеству электроэнергии.

2. Показать влияние качества электрической энергии на работу электроустановок и научить поддерживать показатели качества электрической энергии в нормируемых пределах.

3. Ознакомить с особенностями режимов работы систем электроснабжения при различных способах заземления нейтрали.

4. Изучить правила организации учета электроэнергии и научить студентов применять современные приборы учета.

Для успешного изучения дисциплины «Управление качеством электроэнергии» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности;
- способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования профессиональных компетенций.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Профессиональные компетенции выпускников

Задача профессиональной деятельности	Объекты или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (ПС, анализы требований, предъявляемых к выпускникам)

Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Обеспечение безопасной, надежной и экономичной эксплуатации энергооборудования, расчет показателей функционирования, ведение режимов, выполнение диспетчерского графика нагрузки, бесперебойное энергоснабжение потребителей, поддержание нормативного качества отпускаемой энергии	Электроэнергетика (в сфере электроэнергетики и электротехники)	ПК-8- способность выполнять оценку технического состояния электротехнического оборудования	ПК – 8.1 Проводит исследования состояния оборудования на основе метрологических данных	20.030 20.031 20.032
			ПК – 8.2 Оценивает техническое состояние оборудования	
Обеспечение безопасной, надежной и экономичной эксплуатации энергооборудования, расчет показателей функционирования, ведение режимов, выполнение диспетчерского графика нагрузки, бесперебойное энергоснабжение	Электроэнергетика (в сфере электроэнергетики и электротехники)	ПК-11- способность использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса	ПК – 11.1 – Определяет необходимый состав оборудования для проведения метрологического исследования	
			ПК – 11.2 Выполняет мероприятия по сбору метрологических данных	

потребителей, поддержание нормативного качества отпускаемой энергии			ПК – 11.3 Обработывает полученные метрологические данные с учётом погрешности	
---	--	--	--	--

Таблица 2 – Индикаторы достижения профессиональных компетенций выпускников

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК – 8.1 – Проводит исследования состояния оборудования на основе метрологических данных	Знает параметры электротехнического оборудования, определяющие его техническое состояние;
	Умеет проводить выбор параметров электротехнического оборудования для оценки технического состояния;
	Владеет знаниями определения средств измерений, обеспечивающих достоверное измерение параметров электротехнического оборудования для оценки технического состояния
ПК – 8.2 – Оценивает техническое состояние оборудования	Знает по каким параметрам определяется состояние изоляции электрического оборудования;
	Умеет проанализировать значения параметров электротехнического оборудования для оценки технического состояния
	Владеет навыками использования диагностических параметров электротехнического оборудования для оценки технического состояния с помощью средств измерений
ПК – 11.1 – Определяет необходимый состав оборудования для проведения метрологического исследования	Знает характеристики технических средств для измерения и контроля основных параметров технологического процесса; может объяснить применение выбранного технического средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса
	Умеет выбирать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса;
	Владеет навыками использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологического процесса
ПК – 11.2 – Выполняет мероприятия по сбору метрологических данных	Знает характеристики технических средств для измерения и контроля основных параметров технологического процесса;

	<p>Умеет планировать подготовку и выполнение экспериментальных исследований для измерения и контроля основных параметров технологического процесса;</p> <p>выбирать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса</p>
	<p>Владеет навыками работы с техническими средствами для измерения и контроля основных параметров технологического процесса</p>
<p>ПК–11.3 – Обрабатывает полученные метрологические данные с учётом погрешности</p>	<p>Знает метрологические характеристики технических средств, применяемые для измерения и контроля основных параметров технологического процесса</p>
	<p>Умеет дать анализ по достоверности результатов контроля при измерении основных параметров технологического процесса</p>
	<p>Владеет навыками расчёта полученных данных с учётом погрешности</p>

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Управление качеством электроэнергии» применяются следующие методы активного обучения: **«лекция-беседа», «групповая консультация».**

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (22 час.)

Тема 1. Способы рабочего заземления (режима) нейтрали, с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (2 часа).

Заземление в электроустановках. Способы рабочего заземления (режима работы) нейтрали. Схема замещения сети с изолированной нейтралью и ее нормальной режим.

Тема 2. Режим замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью, с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (2 часа).

Режим замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью. Ток замыкания и напряжения сети. Бездуговое и дуговое замыкания на землю

Тема 3. Свойства сети с компенсированной нейтралью (2 часа).

Типы дугогасящих реакторов. Резонансные перенапряжения в сети и их предотвращение. Ток замыкания и напряжения при однофазном КЗ.

Тема 4. Свойства сети с глухозаземленной нейтралью, сети с эффективно заземленной нейтралью (2 часа).

Коэффициент замыкания на землю, напряжение замыкания на землю в сети с эффективно-заземленной нейтралью. Ток замыкания и напряжения при однофазном КЗ. Выбор режима нейтрали в электроустановках напряжением до и выше 1 кВ.

Тема 5. Типы сети низкого напряжения по отношению к заземлению нейтрали, с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (2 часа)

Разновидности типов сети низкого напряжения по отношению к заземлению нейтрали. Применение разных типов сети при электроснабжении различных электроприемников.

Тема 6. Проблема качества электроэнергии, ее история и современное значение. Основные нормативные документы. Показатели качества электроэнергии и их нормирование (2 часа).

Основные нормативные документы по качеству электроэнергии. Параметры качества электроэнергии. Нормируемые показатели качества электроэнергии.

Тема 7. Установившееся отклонение напряжения.(2 часа).

Причины возникновения и последствия отклонения напряжения для различных электроприемников. Методы расчета отклонения электрического напряжения. Способы и средства регулирования напряжения.

Тема 8. Причины возникновения колебаний напряжения и их последствия (2 часа).

Электроприемники с резкопеременной нагрузкой. Расчет размаха колебаний напряжения. Основные мероприятия по снижению колебаний напряжений напряжения. Специальные компенсирующие устройства

Тема 9. Несимметрия напряжения (2 часа).

Несимметрия напряжения. Влияние несимметрии напряжения на работу электроприемников. Методы расчета несимметрии напряжений. Мероприятия по симметрированию напряжения.

Тема 10. Несинусоидальность напряжения (2 часа).

Несинусоидальность формы кривой напряжения. Основные электроприемники с нелинейной вольтамперной характеристикой

(вентильные преобразователи, дуговые печи, сварочные устройства).
Последствия наличия высших гармоник. Методы расчета несинусоидальности. Мероприятия по снижению уровня высших гармоник.
Фильтрокомпенсирующие устройства. Батареи конденсаторов при наличии высших гармоник.

Тема 11. Организация учета электроэнергии (2 часа).

Учет электрической энергии. Расчетный и коммерческий учет. Основные положения нормативных документов в этой области. Виды учета электроэнергии. Трансформаторный учет. Измерительные системы для учета электроэнергии. Понятие о назначении и составе АСКУЭ.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИСЦИПЛИНЫ (44 час.)

Занятие 1. Определение емкостных токов в сети с изолированной нейтралью (4 часа)

1. Методы определения емкостных токов замыкания на землю-приближенный.
2. Определение тока по заранее рассчитанным емкостям, определения по удельным зарядным токам.
3. Ознакомление со справочными материалами по зарядным токам линий.

Занятие 2. Выбор дугогасительного реактора в сети с изолированной нейтралью (4 часа)

1. Выбор типа дугогасительного реактора.
2. Определение мощности дугогасительного реактора, определение ступеней регулирования.
3. Ознакомление со справочными материалами.

4. Определение индуктивных проводимостей разных ступеней реактора.

Занятие 3. Определение параметров компенсации в сети с компенсированной нейтралью. (4 часа)

1. Определение емкостной проводимости сети.
2. Подбор значений проводимостей для уменьшения зарядного тока в нейтрали.
3. Определение остаточного тока в сети.
4. Определение степени расстройки компенсации.
5. Расчет степени несимметрии фазных емкостей.

Занятие 4. Определение токов и напряжения при замыкании на землю в сети с компенсированной нейтралью (4 часа)

1. Определение переходного сопротивления в точке замыкания на землю.
2. Расчет комплексных величин фазных напряжений, и по-фазных токов замыкания на землю в аварийном режиме.
3. Определение напряжения несимметрии.
4. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при замыкании на землю и наличии дугогасительного реактора.
5. Рассмотрение принципов построения векторных диаграмм токов и напряжений.

Занятие 5. Определение фазных напряжений и напряжений на нейтрали в сети с глухозаземленной нейтралью в нормальном режиме (4 часа)

1. Определение фазных напряжений в зависимости от параметров сети.
2. Мероприятия по уменьшению напряжения на нейтрали в аварийном режиме в сети с глухозаземленной нейтралью.
3. Определение уровня напряжения на нейтрали.

4. Выбор мероприятий для оптимизации напряжения на нейтрали.
5. Влияние напряжения на нейтрали на фазные напряжения в нормальном и аварийном режимах.

Занятие 6. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при несимметричной нагрузке в сети с глухозаземленной нейтралью с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (4 часа)

1. Определение уровня напряжения на нейтрали.
2. Выбор мероприятий для оптимизации напряжения на нейтрали.
3. Влияние повторного заземления нулевого провода на напряжение на нейтрали, также на фазные напряжения в нормальном и аварийном режимах.
4. Принципы построения векторных диаграмм токов и напряжений в сетях с глухозаземленной нейтралью.

Занятие 7. Изучение структуры и систем дугогасительных реакторов. Параметры работы (4 часа)

1. Исследование влияния параметров сети с изолированной нейтралью на емкостные токи.
2. Знакомство с разными типами дугогасительных реакторов.
3. Способы включения реакторов в схемы подстанций.
4. Обсуждение принципа выбора заземления нейтрали: глухозаземленной или изолированной.

Занятие 8. Определение доли несимметрии напряжения для потребителей при симметричном питающем напряжении. (4 часа)

1. Определение фазных напряжений у потребителей с несимметричной нагрузкой при условии симметричного напряжения в энергосистеме.
2. Сравнение расчетной несимметрии напряжений с требованиями ГОСТ.

3. Определение вклада в несимметрию напряжений отдельных потребителей электроэнергии.
4. Расчет доли несимметрии в зависимости от величины нагрузки потребителей.

Занятие 9. Определение доли несимметрии фазных напряжения для энергоснабжающей организации при симметричной нагрузке. (4 часа)

1. Определение суммарного сопротивления потребителей, подключенных к точке общего присоединения.
2. Определение фазных напряжений в энергосистеме при условии симметричной нагрузки потребителей.
3. Сравнение несимметрии напряжений в энергоснабжающей организации с требованиями ГОСТ.
4. Расчет доли несимметрии фазных напряжений в энергосистеме.

Занятие 10. Определение коэффициентов несимметрии фазных напряжений для потребителей и энергоснабжающей организации отдельно при несимметрии нагрузки или несимметрии питающего напряжения. (4 часа)

1. Определение коэффициентов несимметрии напряжений для потребителей при условии симметрии напряжения энергоснабжающей организации.
2. Определение коэффициентов несимметрии напряжений для энергоснабжающей организации отдельно при условии симметричной нагрузки потребителей.
3. Расчет доли несимметрии напряжений совместно для потребителей и энергосистемы.
4. Обсуждение мероприятий для уменьшения несимметрии фазных напряжений как для потребителей, так и для энергоснабжающей организации.

Занятие 11. Изучение Договора на пользование электроэнергией с использованием метода активного обучения групповая консультация (4 часа)

1. Изучение Приложения к Договору по качеству электроэнергии
2. Изучение Приложения к Договору по потреблению реактивной электроэнергии.
3. Изучение Договора в части учета электроэнергии.
4. Обсуждение вариантов заключения Договоров на пользование электрической энергии для различных видов потребителей.

**III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Спецвопросы электроснабжения» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Типовые контрольные и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования

компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы. – Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2011, - 464с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:694239&theme=FEFU>

2. Качество электроэнергии и режимы ее потребления в системах электроснабжения / А. Г. Немцев, Г. А. Немцев, – Чебоксары.:Изд-во Чувашского университета, 2010.- 439 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:552980&theme=FEFU>

3. Васильченко В. И. Контроль и учет электроэнергии в современных системах электроснабжения, – Белгород.: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011. - 243 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-28351&theme=FEFU>

4. Кудрин Б.И. Система электроснабжения: учебное пособие для вузов, – М.: Изд-во Академия, 2011. – 351 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:668530&theme=FEFU>

5. Электроснабжение. Курсовое проектирование : учебное пособие для вузов / Г. В. Коробов, В. В. Картавцев, Н. А. Черемисинова ; под общ. ред. Г. В. Коробова, – СПб.: Изд-во Лань, 2014.- 191 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:731535&theme=FEFU>

6. Вайнштейн Р.А., Коломиец Н.В., Шестакова В.В. Режимы заземления нейтралей в электрических системах: учебное пособие. - Томск : Изд-во ТПУ, 2006.- 118 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/947/73947>

7. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ по дисциплине «Специальные вопросы электроснабжения» (для бакалавров по образовательной программе 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»). Учебное электронное издание. Практикум. Учебное электронное издание. Режим доступа:
<http://www.dvfu.ru/schools/engineering/science/scientific-and-educational-publications/manuals/> Составитель Бурлакова Г.И. ДВФУ, Владивосток, 2016.

Дополнительная литература

1. Фадеева Г.А., Федин В.Т. «Проектирование распределительных электрических сетей». Минск «Высшая школа» 2009. – 360 с. - Режим доступа:
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Znanium:Znanium-505813&theme=FEFU>

2. Суднова В.В. «Качество эл.энергии» М.ЗАО «Энергосервис», 2000. - 280с.

3. Режимы заземления нейтрали в электрических системах. Учебное пособие Автор/создатель Вайнштейн Р.А., Коломиец Н.В., Шестакова. Подготовлено в Московском государственном университете технологий и управления. М.МГУПИ 2006. - с. - Режим доступа:
<http://window.edu.ru/library/pdf2txt/947/73947/53068>

4. Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных установок. М.: Энергоатомиздат 1991. - Режим доступа:
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:409398&theme=FEFU>

5. Справочник по проектированию электроснабжения. Под редакцией Барыбина Ю.Г. и др. М.Энергоатомиздат 1990. - Режим доступа:
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:411284&theme=FEFU>

6. Качество электрической энергии. Лабораторный практикум. Автор/создатель: Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Муравлев А.А. Год: 2010. Лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, А.А. Муравлёв; Национальный исследовательский Томский

политехнический университет. - Томск: Изд-во ТПУ, 2010. - 87 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/294/75294>

7. Электроснабжение промышленных предприятий: метод. Указания к лабораторным работам / сост.: К.А. Набатов, В.В. Афонин, А.В. Баранов.- Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2010.-28 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/158/73158>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральный центр цифровых образовательных ресурсов <http://fcior.edu.ru/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Visio, Excel, PowerPoint, Word и т. д); программное обеспечение для выполнения математических расчётов Mathcad; программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса используются следующие информационно справочные системы: ЭБС ДВФУ, профессиональная поисковая система JSTOR, электронная библиотека диссертаций РГБ, Научная электронная библиотека eLIBRARY, электронно-библиотечная система издательства «Лань», электронная библиотека "Консультант студента", электронно-библиотечная система IPRbooks, информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам".

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение дисциплины «Управление качеством электроэнергии» отводится 66 часов аудиторных занятий и 78 часов самостоятельной работы.

Современные образовательные технологии предусматривают взаимосвязанную деятельность преподавателя и учащихся. При изучении данной дисциплины используются традиционные и интерактивные образовательные технологии:

- **лекции** (рассмотрение теоретического материала) с использованием мультимедийных технологий (презентации), диалог с аудиторией, устные блиц-опросы в начале лекции ориентированы на обобщение и определение взаимосвязи лекционного материала;

- **практические занятия** проводятся на основе совмещения коллективного и индивидуального обучения. На практических занятиях преподаватель дает методику выбора оборудования, построения графиков нагрузок, расчёта центра электрических нагрузок, расчёта режимов по пройденным темам. Во второй части практического занятия студентам предлагается работать самостоятельно, выполняя задания по трем расчётно-графическим работам (РГР): **РГР №1 Выбор дугогасящего реактора; РГР №2 Определение фазных напряжений у потребителя; РГР №3 Показатели качества электроэнергии. Несимметрия напряжений. Определение виновников искажения качества электроэнергии по несимметрии напряжений.** Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и методы решения. Выполнение и защита расчетно-графических заданий развивает профессиональные навыки, приучает обосновывать принятые решения, учит профессиональному языку;

- **самостоятельная работа** в виде подготовки к рубежному тестированию и выполнению индивидуальных заданий направлена на закрепление материала, изученного в ходе лекций и практических занятий.

Самостоятельная работа студентов в виде сообщений на семинаре основана на самостоятельном выборе обучающимися вопроса, который

вызывает у него наибольший интерес, и позволяет расширить знания по изучаемой дисциплине.

По данной дисциплине разработаны «Методические указания», которые доступны в фондах кафедры «Электроэнергетики и электротехники»:

Методические рекомендации для практических занятий по дисциплине «Специальные вопросы электроснабжения»; (Электронный ресурс) составитель Г.И.Бурлакова; Инженерная школа ДВФУ; Владивосток; ДВФУ 2016.

Рекомендации по подготовке к экзамену:

Каждый учебный семестр заканчивается зачетно-экзаменационной сессией. Подготовка к зачетно-экзаменационной сессии, сдача зачетов и экзаменов является также самостоятельной работой студента. Основное в подготовке к сессии – повторение всего учебного материала дисциплины, по которому необходимо сдавать зачет или экзамен. Только тот студент успевает, кто хорошо усвоил учебный материал. Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь учебный материал. Все это зачастую невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к зачету или экзамену будет трудным, а иногда и непосильным делом, а конечный результат - возможное отчисление из учебного заведения

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Компьютерный класс, Департамент энергетических систем, ауд. E524, E525	Моноблок Lenovo C360 19,5 (1600x900), Core i3-4160T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 500GB HDD 7200 SATA, DVDRW, GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse, Win10(64-bit),1-1-1 Wty	AutoCAD 2017 – трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; Project Expert 7 Tutorial – учебная версия программы, иллюстрирующая все возможности версии Holding. Представляет собой обучающий тренажер по инвестиционному проектированию и бизнес планированию для студентов, изучающих финансы и экономику. Обладает всеми функциональными возможностями Holding, но исключаящими возможность коммерческого использования. Так, отсутствует экспорт данных в форматы Word, Excel, HTML, файлы txt;
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/- RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами, видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками	Mathcad Prime 3.1 – стандартное отраслевое средство математического представления и расчетов, которое помогает учащимся вести практический цифровой блокнот расчетов; AUTOCAD 2017 – программный комплекс САПР для автоматизации работ на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку электротехнического и электроэнергетического оборудования; Консультант – законодательство РФ кодексы и законы в последней редакции. Удобный поиск законов кодексов приказов и

		<p>других документов;</p> <p>Техэксперт Клиент – Специализированные продукты для специалистов, включающие в себя крупнейшие подборки нормативных документов и справочной информации, а также целый комплекс уникальных сервисов и услуг;</p> <p>7Zip 9.20 – свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных;</p> <p>Acrobat Reader DC – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF;</p> <p>Microsoft Office 365 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.).</p>
--	--	--



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Управление качеством электроэнергии»
Направление подготовки – 13.03.02 «Электроэнергетика и
электротехника»
профиль «Электроэнергетические системы и сети»
Форма подготовки (очная)

Владивосток
2019

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п, тема работы	Дата/сроки выполнения	Вид СРС	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1. Выбор дугогасящего реактора	1,2,3,4 недели	РГР	4 недели	УО, Защита РЗ
2. Определение фазных напряжений у потребителя.	5,6,7 недели	РГР	3 недели	УО, Защита РЗ
3. Показатели качества электроэнергии. Несимметрия напряжений. Определение виновников искажения качества электроэнергии по несимметрии напряжений	8,9,10 недели	РГР	3 неделя	УО, Защита РЗ
4. Составление приложений к Договору на пользование электроэнергией по качеству электроэнергии.	11 неделя	РГР	1 недели	УО Реферат
5. Подготовка к итоговой контрольной работе. Тестирование	12 неделя обучения	КР Т	1 неделя	КР Т

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

Варианты РГР:

РГР №1 Выбор дугогасящего реактора

В вариантах РГР №1 задаются характеристики кабельных линий, отходящих от подстанции заданного напряжения: длины и сечения.

Студентам необходимо выполнить следующие расчеты:

1. Определить емкости линий относительно земли и суммарной емкости.
2. Определить токи замыкания на землю в линиях тремя методами при различных вариантах включения линий.
3. Определить фазные напряжения и токи относительно земли, напряжение на нейтрали U_{A3} , U_{B3} , U_{C3} , U_N (комплексные величины) в режиме замыкания на землю фазы А.
4. Подбор дугогасящего реактора (ДГР).
5. Определить все возможные при данных типов реакторов значения параметра индуктивной проводимости реактора.
6. Подобрать оптимальные настройки ДР (т.е. степень расстройки компенсации для режимов работы электроустановки, определенных в п.2 задания и токи замыкания на землю, используя данные полученные по варианту расчетов б)
7. Для нормального режима работы, считая, что включен самый мощный ДР и его расстройка компенсации неизменна, вычислить напряжение на нейтрали U_N . При этом рассмотреть случаи обрыва фазы А на шинах у одной линии, двух линий и т.д. по п.2 задания. Принять, что сеть работает на холостом ходу.

РГР №2 Определение фазных напряжений у потребителя

В вариантах РГР №2 задаются характеристики по-фазных мощностей жилого дома, параметры питающей линии: длина и сечение, а также сопротивление заземлителей основного и повторного. Студентам необходимо выполнить следующие задания: определить фазные напряжения у потребителя при нормальном и аварийном режимах работы; а также построить векторные диаграммы напряжений для всех режимов работы.

РГР №3 Показатели качества электроэнергии. Несимметрия напряжений. Определить виновников искажения качества эл.энергии по несимметрии напряжений. Установить степень вины.

В вариантах РГР №3 задаются параметры питающих фазных напряжений в точке общего присоединения трех потребителей, а также фазные токи, потребляемые каждым потребителем. Студентам необходимо определить вклад каждого потребителя отдельно и энергосистемы в искажение напряжения на шинах подстанции по обратной и нулевой последовательности.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результаты самостоятельной работы студент выполняет в форме письменного отчета, содержащего речения задачи с пояснениями по каждому пункту. Изложение в отчете должно быть сжатым, ясным и сопровождаться формулами, цифровыми данными, схемами, векторными диаграммами.

Материал в представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на РГР;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы отчета должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Отчет выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4. Таблицы и схемы могут быть выполнены на

листах иного формата, но должны быть аккуратно сложены по формату А4. Объем отчета составляет не более 8- 10 страниц.

Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

Выполнение трех РГР является одной из составляющих итоговой аттестации по дисциплине «Специальные вопросы электроснабжения».

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

✓ 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты расчётно-графического задания. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 8-7 - баллов – работа выполнена полностью; допущено не более 1 ошибки при выборе и проверке оборудования или одна-две ошибки в

оформлении работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7-6 балл – работа выполнена полностью. Допущено не более 2 ошибок в расчётах РГР или оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 6-5 баллов - Работа выполнена. Допущено три или более трех ошибок в расчётах, в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

✓ Менее 5 баллов – работа не выполнена и не принимается



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине «Управление качеством электроэнергии»

**Направление подготовки – 13.03.02 «Электроэнергетика и
электротехника»**

профиль «Электроэнергетические системы и сети»

Форма подготовки (очная)

Владивосток

2019

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Управление качеством электроэнергии» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Управление качеством электроэнергии» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, защиты расчётно-графических работ и индивидуального домашнего задания, тестирования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- контрольная работа (проводится после освоения основных заданий по дисциплине);
- результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Управление качеством электроэнергии» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и

является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Управление качеством электроэнергии» предусмотрен экзамен, который проводится в устной форме.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса, вопросы подбираются из различных разделов и тем, изучаемых в семестре. Время подготовки к ответу на экзамене составляет 30-40 минут. При ответе на вопросы билета студент должен продемонстрировать знание теоретического материала и умение применить эти знания на практике.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Перечень типовых экзаменационных вопросов

1. Режимы работы нейтрали в электроустановках.
2. Типы систем в электроустановках до 1 кВ (по отношению к заземлению).
3. Режимы работы сети с глухозаземленной нейтралью (нормальный и аварийный).
4. Схема замещения и параметры сети с изолированной нейтралью.
5. Токи замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.
6. Составляющие тока. Формулы его определения.
7. Схема замещения и параметры сети с компенсированной нейтралью.
8. Напряжения сети с компенсированной нейтралью в режиме однофазного замыкания.
9. Ток замыкания на землю в сетях с компенсированной нейтралью. Составляющие тока.
10. Типы дугогасящих реакторов и их выбор.
11. Параметры сети резонансно-заземленной нейтралью.

12. Ток замыкания на землю в сети с эффективно-заземленной нейтралью.

13. Выбор режима нейтрали в сетях напряжением выше 1кВ и его обоснование..

14. Выбор режима нейтрали.

15. Дуговые и бездуговые замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.

16. Ущерб от ухудшения качества электроэнергии.

17. Основные показатели качества электроэнергии и их нормирование.

18. Нормирование и расчет отклонений напряжения.

19. Влияние отклонения напряжения на работу различных электроприемников.

20. Средства и способы регулирования напряжения в системах электроснабжения.

21. Отклонение частоты, причины возникновения, последствия. Мероприятия по поддержанию частоты в энергосистеме.

22. Причины возникновения и последствия колебаний напряжения.

23. Расчет колебаний напряжения и их нормирование.

24. Мероприятия по снижению колебаний напряжения.

25. Статические компенсирующие устройства прямой и косвенной компенсации.

26. Причины возникновения, последствия и расчет несимметрии напряжений.

27. Мероприятия по снижению несимметрии напряжений.

28. Мероприятия по снижению высших гармоник.

29. Симметрирующие устройства.

30. Причины возникновения и влияние несинусоидальности напряжения

31. Влияние вентильных преобразователей на качество электроэнергии.

32. Влияние дуговых сталеплавильных печей на качество электроэнергии.

33. Работа батарей конденсаторов в сетях с нелинейными нагрузками.
34. Фильтрокомпенсирующие устройства.
35. Определение вклада потребителей в искажение качества электроэнергии по несимметрии.
36. Контроль ПКЭ в условиях эксплуатации.
37. Коммерческий и технический учет электрической электроэнергии.
38. Счетчики электрической энергии, их типы и параметры.
39. Измерительные системы для учета электроэнергии. Назначение АСКУЭ.

Вопросы к контрольной работе

Раздел 1. Режимы работы нейтрали.

1. Режимы работы нейтрали в электроустановках.
2. Типы систем в электроустановках до 1 кВ (по отношению к заземлению).
3. Режимы работы сети с глухозаземленной нейтралью (нормальный и аварийный).
4. Схема замещения и параметры сети с изолированной нейтралью.
5. Токи замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью. Составляющие тока. Формулы его определения.
6. Схема замещения и параметры сети с компенсированной нейтралью.
7. Типы дугогасящих реакторов и их выбор.
8. Параметры сети резонансно-заземленной нейтралью.
9. Ток замыкания на землю в сети с эффективно-заземленной нейтралью.
10. Дуговые и бездуговые замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.

Раздел 2. Качество электроэнергии

1. Ущерб от ухудшения качества электроэнергии. Основные показатели качества электроэнергии и их нормирование.

2. Нормирование и расчет отклонений напряжения. Влияние отклонения напряжения на работу различных электроприемников.
3. Отклонение частоты, причины возникновения, последствия. Мероприятия по поддержанию частоты в энергосистеме.
4. Причины возникновения и последствия колебаний напряжения. Расчет колебаний напряжения и их нормирование.
5. Мероприятия по снижению колебаний напряжения. Статические компенсирующие устройства прямой и косвенной компенсации.
6. Причины возникновения, последствия и расчет несимметрии напряжений. Мероприятия по снижению несимметрии напряжений.
7. Мероприятия по снижению высших гармоник. Симметрирующие устройства.
8. Причины возникновения и влияние несинусоидальности напряжения. Влияние вентильных преобразователей и дуговых сталеплавильных печей на качество электроэнергии.
9. Работа батарей конденсаторов в сетях с нелинейными нагрузками. Фильтрокомпенсирующие устройства.
10. Контроль ПКЭ в условиях эксплуатации.

Раздел 3. Учет электроэнергии

1. Коммерческий и технический учет электрической электроэнергии.
2. Трансформаторный учет электроэнергии.
3. Классы точности электросчетчиков и измерительных трансформаторов тока.
4. Зонный (по времени суток) учет электроэнергии.
5. Учет активной и реактивной энергии.
6. Схемы включения электросчетчиков прямого включения и через измерительные трансформаторы.
7. Одноставочный учет электроэнергии.
8. Двухставочный учет электроэнергии.
9. Счетчики электрической энергии, их типы и параметры.

10. Измерительные системы для учета электроэнергии. Назначение АСКУЭ.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене
по дисциплине «Управление качеством электроэнергии»:**

Баллы (рейтинговой оценки) %	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100 - 86	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил режимы работы нейтрали, показатели качества электроэнергии, организацию учета электроэнергии, умеет оценить полученные результаты расчётов согласно требованию обеспечения потребителей качественной электроэнергией, владеет методикой определения зарядных токов в линии и способами его компенсации.
85 - 76	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо усвоил требования, предъявляемые к разным режимам работы нейтрали, способен рассчитать показатели качества электроэнергии, правильно применяет теоретические положения по учетам электроэнергии.
75 - 61	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет поверхностные знания только основного материала, но не усвоил конструктивных особенностей дугогасительного реактора, влияние параметров электроэнергии на работу электроприемников, допускает неточности, испытывает затруднения при определении способов компенсации зарядных токов в линии.
60 и менее	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в определениях, с большими затруднениями определяет режимы работы нейтрали, плохо знает показатели качества электроэнергии. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

**Типовые задания
для выполнения расчетно-графических работ
по дисциплине «Управление качеством электроэнергии»**

**Расчетное задание №1
Выбор дугогасящего реактора**

От шин электроустановки номинальным напряжением U_n отходят три кабельные линии, известные длина и сечение каждой из них.

Требуется:

1. Определение емкостей линий относительно земли и суммарной емкости.
2. Определение токов замыкания на землю в линиях тремя методами при различных вариантах включения линий
3. Определение фазных напряжений и токов относительно земли напряжение нейтрали U_{A3} , U_{B3} , U_{C3} , U_N (комплексные величины) в режиме замыкания на землю фазы А(все линии включены).
4. Подбор дугогасящего реактора (ДР).
5. Определить все возможные при данных типов реакторов значения параметра $(1/\omega * L)$.
6. Подобрать оптимальные настройки ДР (т.е. степень расстройки компенсации $\nu \square \square$ для режимов работы электроустановки, определенных в п.2 задания и токи замыкания на землю, используя данные полученные по варианту расчетов б)
7. Для нормального режима работы ($R_{\Pi} = \infty$), считая, что включен самый мощный ДР и его расстройка компенсации неизменна, вычислить напряжение на нейтрали U_N .

При этом рассмотреть случаи обрыва фазы А на шинах у одной линии, двух линий и т.д. по п.2 задания. Принять, что сеть работает на холостом ходу. Коэффициент успокоения d_3 считать равным 0,04.

Расчетное задание №2

Определение фазных напряжений у потребителя

От шин ТП 6-0,4кВ питается жилой дом (трехфазный потребитель). Расстояние от ТП до потребителя $L, м$. Питающая линия (нечетные варианты – ВЛ с проводом марки А, четные – кабель марки ААШв) – четырехжильная, сечение жилы – $s, мм^2$. Известны фазные нагрузки потребителя: P_A, P_B и $P_C, кВт$. Сопротивление заземлителя, расположенного у ТП, составляет $R_z, Ом$. На вводе в жилой дом произведено повторное заземление нулевого провода, его сопротивление равно $R_{пз}, Ом$.

Требуется:

1. Определить фазные напряжения у потребителя при:
 - нормальном режиме работы;
 - обрыве нулевого провода линии и отсутствии повторного заземления;
 - обрыве нулевого провода линии и наличии повторного заземления (два значения);
2. Построить векторные диаграммы напряжений для всех режимов работы.

Расчетное задание №3

ПКЭ. Несимметрия напряжений.

Определить виновников искажения качества эл.энергии по несимметрии напряжений. Установить степень вины.

От шин напряжением 0,4 кВ подстанции, являющихся точкой общего присоединения (ТОП), по радиальной схеме питаются три потребителя. Информационно-вычислительный комплекс измерил напряжения на шинах $U_{АШ}, U_{ВШ}, U_{СШ}$ и фазные токи I_{iA}, I_{iB}, I_{iC} i -го потребителя.

Требуется определить вклад каждого потребителя отдельно и энергосистемы в искажение напряжения на шинах подстанции по обратной и нулевой последовательности.

Критерии оценки РГР и ИДЗ:

✓ 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты расчётно-графического задания. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 8-7 - баллов – работа выполнена полностью; допущено не более 1 ошибки при выборе и проверке оборудования или одна-две ошибки в оформлении работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7-6 балл – работа выполнена полностью. Допущено не более 2 ошибок в расчётах РГР или оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 6-5 баллов - Работа выполнена. Допущено три или более трех ошибок в расчётах, в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

Тесты для текущего контроля

Раздел 1. Режимы работы нейтрали.

1.1. Вопрос. Каких режимов нейтрали нет.

Ответы. 1. Глухозаземленная нейтраль

2. Глухоизолированная нейтраль.

3. Эффективно заземленная нейтраль.

4. Изолированная нейтраль

5. Нейтраль заземленная через дугогасящий реактор.

1.2. Вопрос. Что означают буквы I и T в обозначениях токоведущих проводников в зависимости от их конфигурации. Первая буква.

Ответы. 1. I - изолированная нейтраль, T – отсутствует соединение с землей.

2. I - соединение с землей, T - непосредственное соединение с землей.
3. I - токоведущие части изолированы от земли, T – прямая связь нейтрали с землей.
4. I - заземленная нейтраль, T – изолированная нейтраль.

1.3. Вопрос Что означают буквы T и N в обозначениях токоведущих проводников в зависимости от их конфигурации. Вторая буква

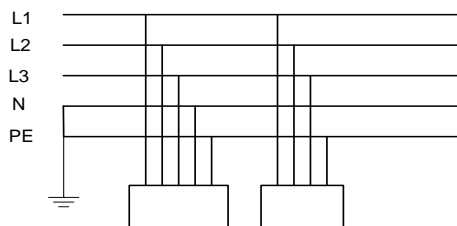
Ответы. 1. T – Отсутствует соединение с проводящих частей с землей, N- непосредственное соединение токоведущих частей с землей.

2. T - непосредственное соединение с землей, N – соединение проводящих частей с с помощью PE или PE N – проводника.

3. T – изолированная нейтраль , N - соединение с проводящих частей с землей отсутствует,

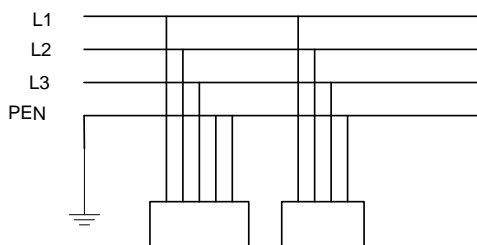
4. T – заземленная нейтраль, N – изолированная нейтраль.

1.4 Вопрос. Указать тип системы конфигурации сети.



- Ответы.*
1. TN – S
 2. TN – C – S
 3. TN -C
 4. TT
 5. IT

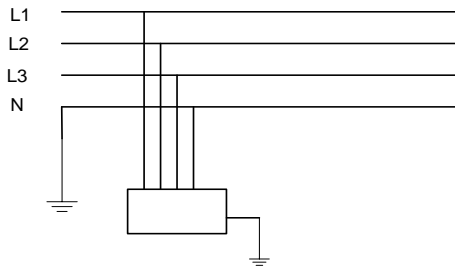
1.6. Вопрос. Указать тип системы конфигурации сети.



- Ответы.*
1. TN – S
 2. TN – C – S
 3. TN -C
 4. TT

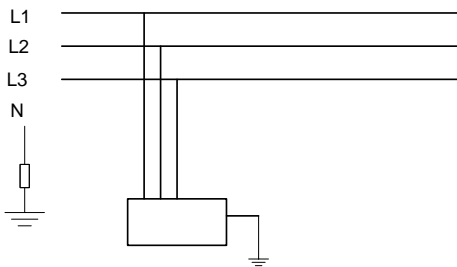
5. IT

1.7. Вопрос. Указать тип системы конфигурации сети.



- Ответы.
1. TN – S
 2. TN – C – S
 3. TN -C
 4. TT
 5. IT

1.8. Вопрос. Указать тип системы конфигурации сети.



- Ответы.
- 1 TN – S
 2. TN – C – S
 3. TN -C
 4. TT
 5. IT

1.9. Вопрос. Ток однофазного короткого замыкания в аварийном режиме в системе с глухозаземленной нейтралью

- Ответы.
1. $I_{\text{окз}} = U_{\text{ф}} / Z_{\text{тр}} / 3 + Z_{\text{л}}$
 2. $I_{\text{окз}} = R_{\text{н}} / U_{\text{ф}}$
 3. $I_{\text{окз}} = U_{\text{ф}} / R_{\text{л}}$
 4. $I_{\text{окз}} = U_{\text{ф}} / X_{\text{л}}$

1.10. Вопрос. Влияние повторного заземления $R_{\text{п}}$ на величину напряжения на нейтрали U_{N} в аварийном режиме.

Ответы. 1. Чем больше сопротивление повторного заземления $R_{\text{п}}$, тем больше напряжение на нейтрали U_{N} .

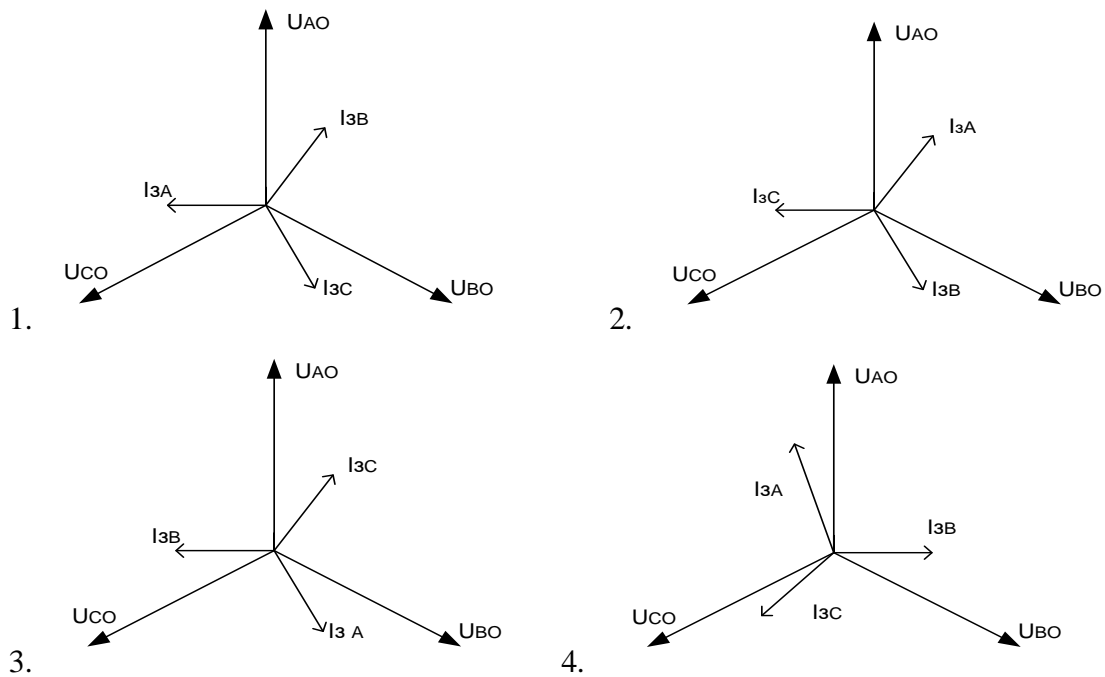
2. Чем меньше сопротивление повторного заземления $R_{\text{п}}$, тем меньше напряжение на нейтрали U_{N} .

3. Чем больше сопротивление повторного заземления $R_{\text{п}}$, тем меньше напряжение на нейтрали U_{N} .

4. Сопротивление повторного заземления $R_{\text{п}}$ не влияет на величину напряжения на нейтрали U_{N} .

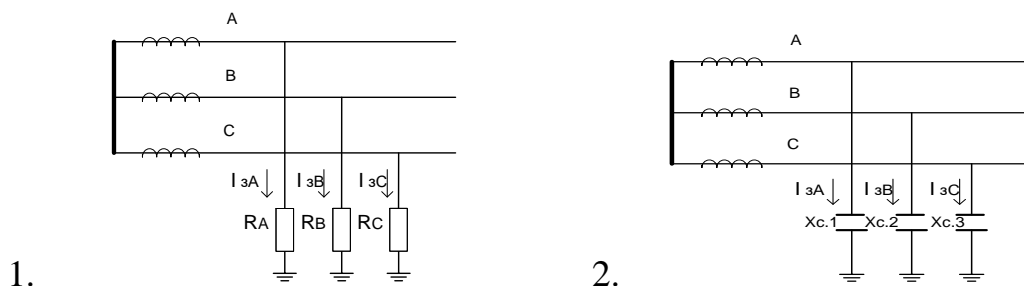
1.11. Вопрос. Векторная диаграмма сети с изолированной нейтралью в нормальном режиме.

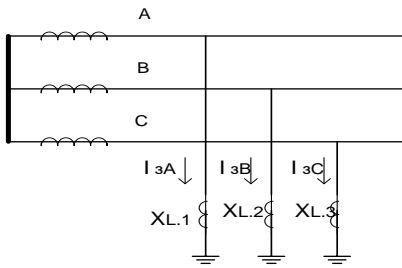
Ответы.



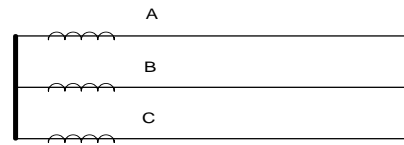
1.12. Вопрос. Схема замещения сети с изолированной нейтралью в нормальном режиме.

Ответы.





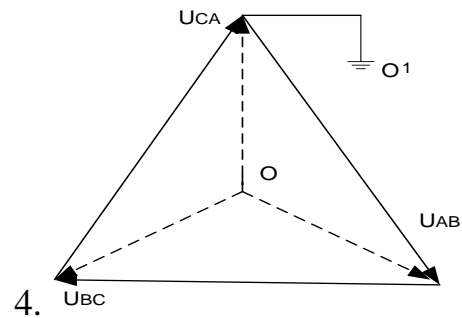
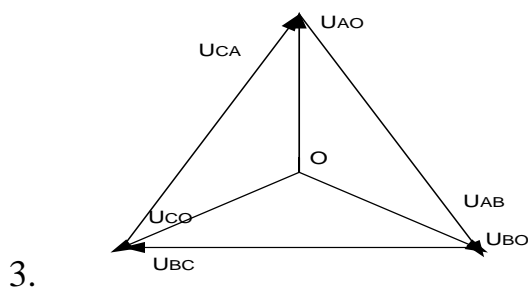
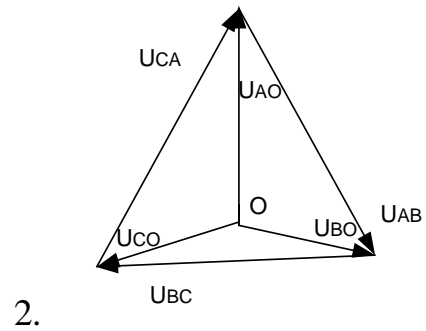
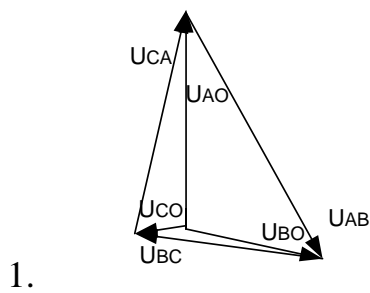
4.



3.

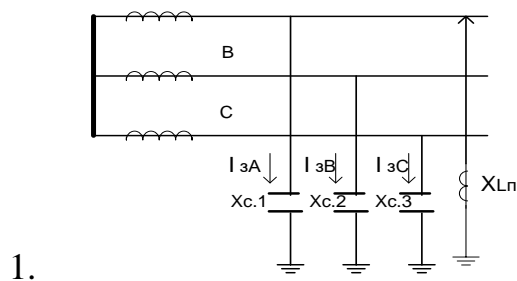
1.13. Вопрос. Векторная диаграмма сети с изолированной нейтралью в аварийном режиме.

Ответы

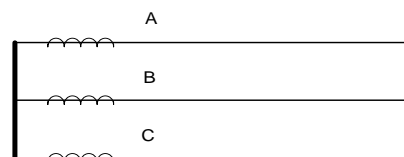


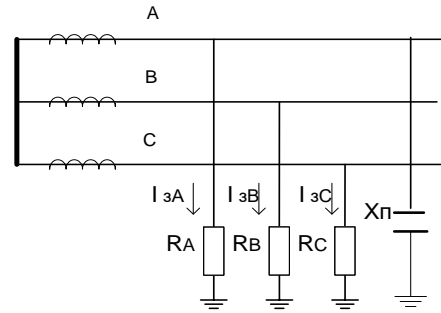
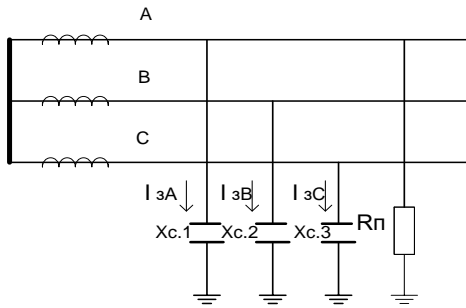
1.14. Вопрос. Схема замещения в сети с изолированной нейтралью в аварийном режиме.

Ответы.



2.





3.

4

1.15. Вопрос. Зарядный ток линии с изолированной нейтралью

Ответы. 1. $I_3 = U_\phi / R$

2. $I_3 = 3 \omega \Sigma C_i U_\phi$

3. $I_3 = U_\phi / 3\omega \Sigma L$

4. $I_3 = U_\phi / (\omega L + 1/\omega \Sigma C_i)$

1.16. Вопрос. Величина допустимого емкостного тока линии (А) с изолированной нейтралью без компенсации.

Ответы. 1. При $U=6\text{кВ}$ $I_3 < 30$; при $U=10\text{кВ}$ $I_3 < 20$; при $U=35\text{кВ}$ $I_3 < 10$

2. $U=6$ $I_3 < 10$ $U=10$ $I_3 < 20$ $U=35$ $I_3 < 30$

3. $U=6$ $I_3 < 20$ $U=10$ $I_3 < 30$ $U=35$ $I_3 < 10$

4. $U=6$ $I_3 < 15$ $U=10$ $I_3 < 10$ $U=35$ $I_3 < 30$

1.17. Вопрос. Формула приближенного расчета зарядного тока а) для воздушных линий, б) для кабельных линий.

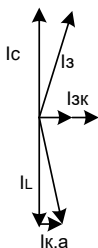
Ответы. 1. а) $I = U / X$ б) $I = U / R$

2. а) $I = UL / 10$ б) $I = UL / 350$

3. а) $I = U / R$ б) $I = U / X$

4. а) $I = UL / 350$ б) $I = UL / 10$

1.18. Вопрос. Режим, показанный на векторной диаграмме



Ответы. 1. До компенсации

2. Перекомпенсации

3. Недокомпенсации
4. Полной компенсации

1.19. Вопрос. Параметры выбора дугогасящего реактора

- Ответы.*
1. I_p и U_p
 2. S_p и U_H
 3. I_H и U_H
 4. S_p и I_H

1.20. Вопрос. Величина суммарной мощности дугогасящих реакторов

- Ответы.*
1. $S_p = U_H * I_{з макс.}$
 2. $S_p = 1,5 * U_{л} * I_з$
 3. $S_p = 1,25 * U_{ф} * I_{з мин.}$
 4. $S_p = 1,25 * U_{ф} * I_{з макс.}$

1.21. Вопрос. Коэффициент замыкания на землю в сети с эффективно заземленной нейтралью

- Ответы.*
1. $K_з < 1,2$
 2. $K_з < 1,4$
 3. $K_з < 1,7$
 4. $K_з < 2,0$

1.22. Вопрос. В каких сетях выбирается режим с изолированной нейтралью.

- Ответы.*
1. В сетях напряжением до 1 кВ
 2. В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю больше соответственно 30А, 20А, 10А.
 3. В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю меньше соответственно 30А, 20А, 10А.
 4. В сетях напряжением выше 110 кВ

1.23. Вопрос. В каких сетях выбирается режим с эффективно заземленной нейтралью.

- Ответы.*
1. В сетях напряжением до 1 кВ

2. В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю больше соответственно 30А, 20А, 10А.

3. В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю меньше соответственно 30А, 20А, 10А.

4. В сетях напряжением выше 110 кВ

Раздел 2. Качество электроэнергии.

2.1. Вопрос. Каким документом регламентируются нормы показателей качества электроэнергии.

Ответы. 1. Гражданским кодексом.

2. Правилами устройства электроустановок.

3. ГОСТ

4. Правилами технической эксплуатации.

2.2. Вопрос. Требования ГОСТ для величины положительного $\delta U_{(+)}$ и отрицательного $\delta U_{(-)}$ отклонения напряжения в точке общего присоединения (ТОП).

Ответы. 1. $\delta U_{(-)} = 5\% U_{\text{ном}}$ $\delta U_{(+)} = 5\% U_{\text{ном}}$.

2. $\delta U_{(-)} = 5\% U_{\text{ном}}$ $\delta U_{(+)} = 10\% U_{\text{ном}}$.

3. $\delta U_{(-)} = 10\% U_{\text{ном}}$ $\delta U_{(+)} = 10\% U_{\text{ном}}$.

4. $\delta U_{(-)} = 1\% U_{\text{ном}}$ $\delta U_{(+)} = 5\% U_{\text{ном}}$.

2.3. Вопрос. Требования ГОСТ для величины суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения % K_U при номинальном напряжении $U_n = 0,38 \text{ кВ}$

Ответы 1. $K_{U \text{ норм.}} = 8,0$ и $K_{U \text{ пред.}} = 12,0$

2. $K_{U \text{ норм.}} = 4,0$ $K_{U \text{ пред.}} = 6,0$

3. $K_{U \text{ норм.}} = 10,0$ $K_{U \text{ пред.}} = 15,0$

4. $K_{U \text{ норм.}} = 5,0$ $K_{U \text{ пред.}} = 10,0$

2.4. Вопрос. Требования ГОСТ для величины а) коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности K_{2U} и б)

коэффициента несимметрии напряжения по нулевой последовательности K_{0U}

Ответы 1. а) $K_{2U_H} = 2\%$ $K_{2U_{пред.}} = 4\%$ б) $K_{0U_H} = 2\%$ $K_{0U_{пред.}} = 4\%$.

2. а) $K_{2U_H} = 1\%$ $K_{2U_{пред.}} = 2\%$ б) $K_{0U_H} = 1\%$ $K_{0U_{пред.}} = 2\%$.

3. а) $K_{2U_H} = 4\%$ $K_{2U_{пред.}} = 6\%$ б) $K_{0U_H} = 4\%$ $K_{0U_{пред.}} = 6\%$.

4. а) $K_{2U_H} = 5\%$ $K_{2U_{пред.}} = 10\%$ б) $K_{0U_H} = 5\%$ $K_{0U_{пред.}} = 10\%$.

2.5. Вопрос. Требования ГОСТ для величины отклонения частоты Δf

Ответы 1. $\Delta f_H = 0,2 \text{ Гц}$ $\Delta f_{пред.} = 0,4 \text{ Гц}$.

2. $\Delta f_H = 0,2\%$ $\Delta f_{пред.} = 0,4\%$

3. $\Delta f_H = 0,5 \text{ Гц}$ $\Delta f_{пред.} = 1,0 \text{ Гц}$.

4. $\Delta f_H = 0,5\%$ $\Delta f_{пред.} = 1,0\%$.

2.6. Вопрос. Влияние увеличения уровня напряжения на работу электроприемников

а) электроосвещения, б) электродвигателей.

Ответы. 1. а) срок службы ламп накаливания увеличивается б) ротор перегревается

2. а) срок службы ламп накаливания уменьшается б) статор перегревается

3. а) срок службы ламп накаливания уменьшается б) ротор перегревается

4. а) срок службы ламп накаливания увеличивается б) статор перегревается

2.7. Вопрос. Влияние уменьшения уровня напряжения на работу электроприемников

а) электроосвещения, б) электродвигателей.

Ответы. 1 а) срок службы ламп накаливания увеличивается б) статор перегревается

2. а) срок службы ламп накаливания увеличивается, световой поток уменьшается б) ротор перегревается, пусковой момент уменьшается.

3. а) срок службы ламп накаливания уменьшается, световой поток уменьшается б) ротор перегревается, пусковой момент увеличивается.

4. а) срок службы ламп накаливания уменьшается, световой поток увеличивается б) статор перегревается, пусковой момент уменьшается.

2.8. Вопрос. Комплекс мероприятий по снижению отклонения напряжения

Ответы 1. Регулировка напряжения.

2. Стабилизация напряжения.
3. Компенсация реактивной энергии.
4. Подключение добавочного напряжения.

2.9. Вопрос. Комплекс мероприятий по снижению колебания напряжения

Ответы 1. Регулировка напряжения.

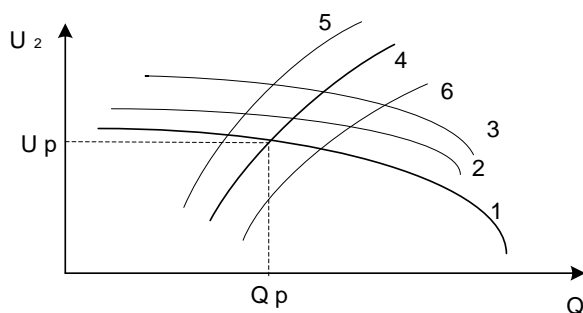
2. Стабилизация напряжения.
3. Компенсация реактивной энергии.
4. Подключение добавочного напряжения

2.10. Вопрос. Какие мероприятия позволяют уменьшить отклонение напряжения до номинального (согласованного) U_0 (U_C).

Ответы: 1. Установка фильтров высших гармоник.

2. Установка реакторов.
3. Компенсация реактивной энергии.
4. Компенсация реактивной энергии и подключение добавочного напряжения.

2.11. Вопрос. Зависимость а) уровня напряжения от потребляемой реактивной мощности $U_2 = f(Q)$, б) потребляемой реактивной мощности от уровня напряжения $Q = f(U_2)$



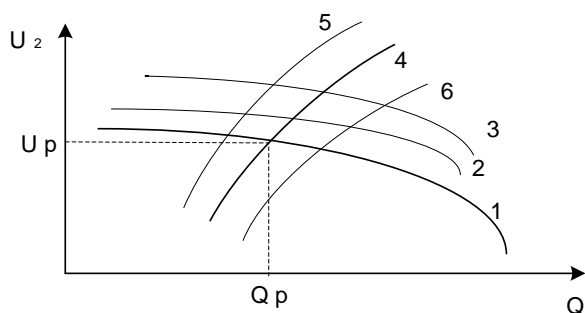
Ответы 1. а) Графики 1,2,3. б) Графики 4,5,6.

2. а) Графики 4,5,6 б) Графики 1,2,3.

3. а) График 1 б) График 2

4. а) График 4 б) График 5

2.12. Вопрос. Графики, зависимости уровня напряжения от потребляемой реактивной мощности $U_2 = f(Q)$ и потребляемой реактивной мощности от уровня напряжения $Q = f(U_2)$, построенные а) при увеличении $U_{доб.}$ б) при изменении $Q_{ку}$



Ответы 1. а) Графики 2,3. б) Графики 5,6.

2. а) Графики 5,6 б) Графики 2,3.

3. а) График 1 б) График 2

4. а) График 4 б) График 5

2.13. Вопрос. Влияние колебания напряжения на работу электроприемников

Ответы. 1. Срок службы ламп накаливания увеличивается, срок службы электродвигателей уменьшается.

2. Срок службы ламп накаливания уменьшается, срок службы электродвигателей увеличивается

3. Мерцание ламп освещения, нарушение работы средств связи и телевидения.

4. Уменьшение светового потока ламп освещения.

2.14. Вопрос. Какие электроприемники создают в сети колебания напряжения.

Ответы. 1. Электродвигатели.

2. Нелинейная нагрузка (выпрямители)
3. Резкопеременная нагрузка (дуговые сталеплавильные печи, прокатные станы и т.п.).

4. Электроосвещение.

2.15. Вопрос. Какие устройства позволяют уменьшить размах колебания напряжения.

Ответы. 1. Фильтры.

2. Реакторы

3. Батареи конденсаторов

4. Синхронные компенсаторы и статические компенсирующие устройства.

2.16. Вопрос. Из чего состоят статические компенсирующие устройства (для компенсации колебаний напряжения) прямой компенсации.

Ответы. 1. Фильтров.

2. Реакторов.

3. Батареи конденсаторов и фильтров высших гармоник.

4. Фильтров высших гармоник.

2.17. Вопрос. Из чего состоят статические компенсирующие устройства (для компенсации колебаний напряжения) косвенной компенсации.

Ответы. 1. Фильтры и реакторы.

2. Плавно регулируемый реактор и нерегулируемые батареи конденсаторов или фильтры высших гармоник

3. Батареи конденсаторов и фильтры высших гармоник.

4. Фильтры высших гармоник.

2.18. Вопрос. Источники несимметрии напряжения и токов при а) продольной и б) поперечной несимметрии.

Ответы: 1. а) несимметрия источников тока, б) несимметрия нагрузки.

2. а) несимметрия нагрузки, б) несимметрия источников тока.

3. а) несимметрия емкостей, б) несимметрия индуктивностей.

4. а) несимметрия индуктивностей, б) несимметрия емкостей.

2.19. Вопрос. Влияние несимметрии напряжения и токов на работу электродвигателей.

Ответы: 1. Нагрев двигателей.

2. Вибрация двигателей.

3. Создание противодействующего момента на валу.

4. Все вышеперечисленное.

2.20. Вопрос. Какие мероприятия позволяют уменьшить несимметрию напряжения и токов у потребителя.

Ответы: 1. Равномерное распределение нагрузок по фазам.

2. Включение батарей конденсаторов.

3. Включение индуктивностей и емкостей в ненагруженные фазы.

4. Равномерное распределение нагрузок по фазам и включение индуктивностей и емкостей в ненагруженные фазы.

2.21. Вопрос. Источники несинусоидальности напряжения.

Ответы: 1. Электронагреватели.

2. Электроосвещение

3. Батареи конденсаторов

4. Вентильные преобразователи.

2.22. Вопрос. Появление резонанса в сетях с высшими гармониками.

Ответы: 1. При включении батарей конденсаторов.

2. При отключении батарей конденсаторов.

3. При включении трансформаторов.

4. При включении реакторов.

2.23. Вопрос. Устройства для уменьшения несинусоидальности напряжения.

Ответы: 1. Батареи конденсаторов.

2. Реакторы.

3. Фильтры.

4. Трансформаторы.

2.24. Вопрос. Параметры идеального фильтра.

- Ответы:*
1. $v_p \omega = L \sum \dot{\omega} C_i$
 2. $v_p \omega \sum C = 0$
 3. $v_p \omega L = 1 / v_p \omega C$
 4. $v_p \omega L > 1 / v_p \sum \omega C_i$

2.25. Вопрос. Рекомендуемые мероприятия по уменьшению колебаний частоты.

- Ответы:*
1. Увеличение мощности короткого замыкания трансформатора.
 2. Увеличение мощности батарей конденсаторов.
 3. Увеличение мощности реакторов.
 4. Увеличение мощности нагрузки.

Раздел 3. Учет электроэнергии.

3.1. Вопрос. Какие виды счетчиков электроэнергии не используются.

- Ответы:*
1. Активный и реактивный
 2. Прямого включения
 3. Трансформаторный
 4. Косвенного включения

3.2. Вопрос. Какие виды учета электроэнергии не используются.

- Ответы:*
1. Активный и реактивный
 2. Технический и коммерческий.
 3. Точный и приближенный
 4. Инструментальный

3.3. Вопрос. Зонный учет электроэнергии.

- Ответы:*
1. Учет потребления электроэнергии по времени суток
 2. Учет потребления электроэнергии по дням недели.
 3. Учет потребления электроэнергии по времени года
 4. Учет потребления электроэнергии по уровню напряжения.

3.4. Вопрос. Не применяемый тип счетчиков электроэнергии

- Ответы:*
1. Прямого включения
 2. Косвенного включения.
 3. Трансформаторный
 4. Электронный

3.5. Вопрос. Назначение АСКУЭ.

- Ответы:*
1. Учет электроэнергии
 2. Контроль электроэнергии
 3. Учет и контроль электроэнергии
 4. Учет и контроль электроэнергии и показателей качества.

3.6. Вопрос. Порядок работы двухтарифного счетчика

- Ответы:*
1. Включение шкал учета по времени суток
 2. Включение шкал учета по дням недели.
 3. Включение шкал учета по времени года.
 4. Включение шкал учета по уровню напряжения.

3.7. Вопрос. Порядок учета реактивной энергии.

- Ответы:*
1. Учет по счетчику реактивной энергии.
 2. Учет потребления реактивной энергии в сравнении с эффективным значением реактивной энергии $Q_{\text{э}}$.
 3. Скидки и надбавки к тарифу за компенсацию реактивной энергии.
 4. Скидки и надбавки к тарифу за установку компенсирующих устройств.



Министерство образования и науки Российской Федерации
Дальневосточный федеральный университет
Инженерная школа

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

по дисциплине «Спецвопросы электроснабжения».

*Для бакалавров по образовательной программе 140400.62
«Электроэнергетика и электротехника»*

Учебное электронное издание

Составитель
Бурлакова Г.И.

УДК
ББК
М

Составитель:

Бурлакова Галина Ивановна – старший преподаватель кафедры
Электроэнергетики и электротехники, Инженерная школа (Дальневосточный
Федеральный университет, Владивосток)

М **Методические рекомендации для практических занятий по дисциплине «Специальные вопросы электроснабжения» для бакалавров по образовательной программе 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» [Электронный ресурс] / сост. Г.И.Бурлакова; Инженерная школа ДВФУ. – Электрон.дан. –Владивосток; Дальневост.ун-т, 2016. - __с. - Acrobat Reader, Foxit Reader либо любой другой их аналог. Режим доступа:**

Составлены в соответствии с учебным планом образовательной программы 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Приведены примеры решения задач по дисциплине «Специальные вопросы электроснабжения».

Предназначены для бакалавров, обучающихся по образовательной программе 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Ключевые слова: Вопросы электроснабжения, режимы нейтрали, качество электроэнергии, указания для решения практических задач по Специальным вопросам электроснабжения.

© Бурлакова Г.И.
Сост.2016

Введение

Специальные вопросы электроснабжения это углубленные и расширенные знания из ранее изучаемых дисциплин электроэнергетики и электроснабжения. Специальные

вопросы электроснабжения состоят из трех частей: режимы нейтрали; качество электроэнергии и учет электроэнергии.

Изучение дополнительных вопросов в области электроэнергетики и электроснабжения позволят повысить уровень знаний по основной специальности бакалавров по программе Электроэнергетика и электротехника .

Студенты в процессе изучения дисциплины «Специальные вопросы электроснабжения» осваивают некоторые практические задания, которые будут необходимы им при работе по выбранной специальности.

В сборнике предложены характерные для изучаемых тем, задачи, две по режимам нейтрали и одна по качеству электроэнергии.

Методические рекомендации для практических задач по дисциплине Специальные вопросы электроснабжения

Контрольная задача №1.

Задание №1

Выбор дугогасящего реактора

От шин электроустановки номинальным напряжением U_n отходят три кабельные линии, известные длина и сечение каждой из них (рис.1).

Требуется:

1. Определение емкостей линий относительно земли и суммарной емкости.
2. Определение токов замыкания на землю в линиях тремя методами при различных вариантах включения линий
3. Определение фазных напряжений и токов относительно земли напряжение нейтрали U_{A3} , U_{B3} , U_{C3} , U_N (комплексные величины) в режиме замыкания на землю фазы А(все линии включены).
4. Подбор дугогасящего реактора (ДР).
5. Определить все возможные при данных типов реакторов значения параметра $(1/\omega * L)$.
6. Подобрать оптимальные настройки ДР (т.е. степень расстройки компенсации $\dot{\nu}$ для режимов работы электроустановки , определенных в п.2 задания и токи замыкания на землю, используя данные полученные по варианту расчетов б).

7. Для нормального режима работы ($R_n = \infty$), считая, что включен самый мощный ДР и его расстройка компенсации неизменна, вычислить напряжение на нейтрали U_N .

При этом рассмотреть случаи обрыва фазы А на шинах у одной линии, двух линий и т.д.по п.2 задания. Принять, что сеть работает на холостом ходу. Коэффициент успокоения d_3 считать равным 0,04.

Варианты заданий:

№ вар.	U_n , кВ	Первая линия		Вторая линия		Третья линия	
		L_1 , км	s_1 , мм ²	L_2 , км	s_2 , мм ²	L_3 , км	s_3 , мм ²
1	6	10	25	20	120	12	240
2	10	10	35	12	185	10	240
3	0	12	50	10	240	15	185
4	6	6	70	8	95	20	185
5	35	2	70	1	120	3	150
6	10	2	185	10	120	20	240
7	10	8	150	12	185	10	240
8	35	3	95	2	120	2	150
9	6	4	70	15	120	15	240
10	6	5	95	14	150	14	185

11	6	6	95	14	185	12	240
12	10	10	50	20	120	15	240
13	10	10	95	18	120	16	240
14	10	10	120	8	185	15	240
15	35	5	70	4	95	5	150
16	35	6	95	4	120	6	150
17	6	14	70	14	150	10	240
18	6	20	95	20	185	20	240
19	10	15	95	15	185	14	240
20	10	12	70	14	185	18	240
21	6	20	240	18	185	4	70
22	6	22	240	20	185	4	95
23	10	18	240	17	185	3	70
24	10	16	240	20	185	5	120
25	35	3	150	3	120	3	95
26	35	4	150	4	95	15	70
27	6	20	240	10	185	10	150
28	10	13	240	10	185	1	20
29	35	3	120	4	150	1	95
30	6	12	240	10	185	10	150
31	10	10	95	10	240	8	185
32	35	1	70	2	150	5	120
33	10	14	240	4	185	12	150
34	10	10	120	12	240	8	50
35	35	5	150	4	150	3	50
36	6	12	240	0	240	18	240
37	6	20	185	12	240	20	240
38	35	5	120	5	50	1	95
39	6	25	240	5	185	10	150

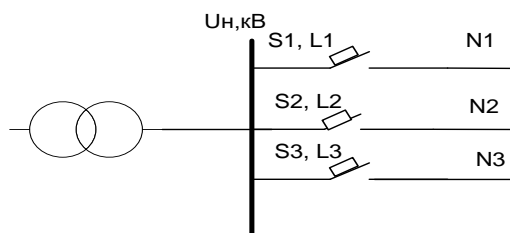


Рис 1. Поясняющая схема к задаче №1

Алгоритм решения:

Дано: U_n ; s_1 L_1 ; s_2 L_2 ; s_3 L_3 .

Все линии кабельные, поэтому $q=10$ кВ*км /А

1. Определение емкостей линий относительно земли и суммарной емкости.

Удельные емкости линий – табличные данные (Таблица 1 Справочных данных)

$$c_{1уд} \quad c_{2уд} \quad c_{3уд}$$

$$C_1 = c_{1уд} * L_1$$

$$C_2 = c_{2уд} * L_2$$

$$C_3 = c_{3уд} * L_3$$

$$\text{Суммарная емкость: } C_{\Sigma} = 3 * (C_1 + C_2 + C_3)$$

2. Определение токов замыкания на землю в линиях тремя методами при различных вариантах включения линий. Результаты внести в таблицу 1.

а) 1 метод расчета: Приближенный

$$(1.1) \quad I = \frac{U \cdot L_{\Sigma}}{q} = \frac{U_{\text{н}}}{10} (L_1 + L_2 + L_3)$$

б) 2 метод расчета: По вычисленным ранее емкостям

$$(1.2) \quad I_3 = 3 \omega \cdot \Sigma C_i \cdot U_{\phi}$$

в) 3 метод расчета: По удельным токам замыкания на землю

$$(1.3) \quad I_3 = I_{\text{уд.зз}} \cdot L_i$$

$I_{\text{уд.зз}}$ – табличные данные (Таблица 2 Справочных данных)

Таблица 1 Результаты расчета токов замыкания на землю

№пп	L1	L2	L3	I, А		
				1 метод	2 метод	3 метод
1	-	-	-	0	0	0
2	+	-	-			
3	-	+	-			
4	-	-	+			
5	+	+	-			
6	-	+	+			
7	+	-	+			
8	+	+	+			

3. Определение фазных напряжений и токов относительно земли напряжение нейтрали \underline{U}_{A3} , \underline{U}_{B3} , \underline{U}_{C3} , \underline{U}_N (комплексные величины) в режиме замыкания на землю фазы А(все линии включены). Начертить векторные диаграммы токов и напряжений для этого режима.

Дано ($\omega \cdot C_{\Sigma} \cdot R_{\text{п}}$) = 0,25 + 0,025 * n , где n – номер варианта.

$$(1.4) \quad \dot{U}_N = - \frac{U_{\phi}}{1 + j(\omega \cdot C_{\Sigma} \cdot R_{\text{п}})}$$

$$(1.5) \quad \underline{U}_{A3} = \underline{U}_A + \underline{U}_N; \quad \underline{U}_{B3} = \underline{U}_B + \underline{U}_N; \quad \underline{U}_{C3} = \underline{U}_C + \underline{U}_N$$

$$(1.6) \quad \underline{I}_A = -(\underline{I}_B + \underline{I}_C); \quad \underline{I}_B = j \cdot \underline{U}_{B3} \cdot \omega \cdot C_{\phi}; \quad \underline{I}_C = j \cdot \underline{U}_{C3} \cdot \omega \cdot C_{\phi}$$

Начертить векторную диаграмму фазных напряжений и токов

4. Подбор дугогасящего реактора (ДР).

Выбираем в справочных материалах дугогасящий реактор типа РЗДСОМ (Таблица 3 Справочных данных)- реактор заземляющий, дугогасящий со ступенчатым регулированием, однофазный, с масляным охлаждением.

Реактор выбирают:

1. По номинальному напряжению $U_{\text{н}}$
2. По номинальной мощности реактора

$$(1.7) \quad S_{\text{р}\Sigma} \geq 1,25 \cdot U_{\phi} \cdot I_{3, \text{макс.}}$$

$I_{3, \text{макс.}}$ - выбирается из таблицы 1 (п.2 решения).

Количество реакторов по условию задачи должно быть не менее 2-х, поэтому суммарная мощность выбранных реакторов должна соответствовать $S_{p\Sigma}$, мощность каждого из них может быть одинакова или различна.

Реактор имеет 5 отпаяк.

$$\text{Ток ступени отпайки реактора Р1: } I_{\text{отп.р.1}} = \frac{I_{\text{макс.р.1}} - I_{\text{мин.р.1}}}{4}$$

$$\text{Ток ступени отпайки реактора Р2: } I_{\text{отп.р.2}} = \frac{I_{\text{макс.р.2}} - I_{\text{мин.р.2}}}{4}$$

$I_{\text{макс.р}}$ и $I_{\text{мин.р}}$ выбираются из таблицы 3 *Справочных данных*

Токи ступеней реактора Р1 начиная с первой:

$$I_{\text{мин.р1}}; I_{\text{мин.р1}} + I_{\text{отп.р1}}; I_{\text{мин.р1}} + 2 * I_{\text{отп.р1}}; I_{\text{мин.р1}} + 3 * I_{\text{отп.р1}}; I_{\text{макс.р1}};$$

Токи ступеней реактора Р2 начиная с первой:

$$I_{\text{мин.р2}}; I_{\text{мин.р2}} + I_{\text{отп.р1}}; I_{\text{мин.р2}} + 2 * I_{\text{отп.р1}}; I_{\text{мин.р2}} + 3 * I_{\text{отп.р1}}; I_{\text{макс.р2}};$$

5. Определить все возможные при данных типов реакторов значения параметра $(1/\omega * L)$.

Параметр $1/\omega * L$ - это индуктивная проводимость реактора

$$(1.8) \quad 1/\omega * L = I_p / U_\phi$$

Этот параметр рассчитывается для каждой ступени каждого реактора, т.е.

$$1/\omega * L \quad \text{1P: } (I_{\text{мин.р1}}) / U_\phi; (I_{\text{мин.р1}} + I_{\text{отп.р1}}) / U_\phi; (I_{\text{мин.р1}} + 2 * I_{\text{отп.р1}}) / U_\phi \quad \text{и т.д.}$$

$$1/\omega * L \quad \text{2P: } (I_{\text{мин.р2}}) / U_\phi; (I_{\text{мин.р2}} + I_{\text{отп.р2}}) / U_\phi; (I_{\text{мин.р2}} + 2 * I_{\text{отп.р2}}) / U_\phi \quad \text{и т.д.}$$

6. Подобрать оптимальные настройки ДР (т.е. степень расстройки компенсации ν) для режимов работы электроустановки, определенных в п.2 задания и токи замыкания на землю, используя данные полученные по варианту расчетов б) из таблицы 1.

Таблица 2. Оптимальные настройки реактора.

№	I_3, A табл.1	$I_{p\Sigma}, A$	I_{p1}, A	I_{p2}, A	Индуктивная проводимость реакт. $1/\omega * L$	Емкостная проводимость сети $\omega * C_\Sigma$	Степень расстройки компенсации ν	$I_{\text{ост.}}, A$
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

$I_{p\Sigma}$ - выбирается исходя из величины I_3 для конкретного случая (от 1 до 8), т.е. $I_{p\Sigma}$ должен быть как можно ближе по величине к I_3 , как с большей, так и с меньшей стороны, так чтобы остаточный ток: $I_{\text{ост.}} = I_3 - I_{p\Sigma}$ был не больше тока ступени реактора $I_{\text{отп.р1}}$ или $I_{\text{отп.р2}}$

I_{p1} и I_{p2} вклад каждого реактора в $I_{p\Sigma}$, если $I_{p\Sigma}$ небольшой величины, для компенсации которого достаточно одного реактора, тогда другой реактор не включается и его ток равен нулю.

Индуктивная проводимость $1/\omega * L$ рассчитывается для $I_{p\Sigma}$ в каждом конкретном случае (от 1 до 8)

Емкостная проводимость сети рассчитывается исходя из емкостей включенных линий $\omega * C_{\Sigma}$ для случаев от 1 до 8.

Степень расстройки компенсации υ это:

$$\upsilon = \frac{I_3 - I_p}{I_3}$$

Или после преобразования:

$$(1.9) \quad \upsilon = - \frac{\omega * C_{\Sigma} - \frac{1}{\omega L}}{\omega * C_{\Sigma}}$$

7. Для нормального режима работы ($R_n = \infty$), считая, что включен самый мощный ДР и его расстройка компенсации неизменна, вычислить напряжение на нейтрали U_N .

При этом рассмотреть случаи обрыва фазы А на шинах у одной линии, двух линий и т.д. по п.2 задания.

Принять, что сеть работает на холостом ходу. Коэффициент успокоения сети d_s считать равным 0,04.

Модуль напряжения на нейтрали

$$(1.10) \quad U_N = U_{\Phi} \frac{u_0}{\sqrt{d^2 + \upsilon^2}}$$

где u_0 – степень несимметрии фазных емкостей:

$$(1.11) \quad u_0 = - \frac{C_A + a^2 C_B + a C_C}{C_A + C_B + C_C}$$

Где $a = e^{j120}$ - оператор поворота

Степень расстройки компенсации υ

$$\upsilon = - \frac{\omega * C_{\Sigma} - \frac{1}{\omega L}}{\omega * C_{\Sigma}}$$

где $1/\omega * L = I_p / U_{\Phi}$ I_p - максимальный ток максимального реактора

$\omega * C_{\Sigma} = (C_A + C_B + C_C)$ – исходя из случая обрыва фазы (табл.3 по п.6 решения)

Результаты расчетов внести в таблицу 3.

Таблица 3 Напряжение на нейтрали при обрыве фазы А на линиях.

№	Обрыв фазы в линии:	Степень несимметрии фазных емкостей u_0	Степень расстройки компенсации, υ	Напряжение на нейтрали U_N , кВ
1	0			
2	A ₁			
3	A ₂			

4	A_3			
5	$A_1 + A_2$			
6	$A_2 + A_3$			
7	$A_1 + A_3$			
8	$A_1 + A_2 + A_3$			

Вывод: в сети с максимальным зарядным током стекания в землю I_3 макс выбраны реакторы P_1 и P_2 мощностью S_1 и S_2 (соответственно). В максимальном режиме реакторы работают (как -показать). Максимальная и минимальная степень расстройки компенсации ν , максимальный и минимальный остаточный ток $I_{ост}$.

При обрыве фазы А напряжение на нейтрали может возрасти до U_N , кВ.

Справочные данные

Таблица 1. Емкости между жилой и оболочкой для кабелей, мкФ/км на различные номинальные напряжения

Сечение жилы	Напряжение, кВ			
	6	10	20	35
25	0,137	0,109	0,17	-
35	0,158	0,124	0,19	-
50	0,183	0,142	0,21	-
70	0,214	0,165	0,24	0,18
95	0,247	0,192	0,26	0,20
120	0,278	0,251	0,32	0,24
150	0,311	0,238	0,35	0,26
185	0,343	0,262	0,38	0,28
240	0,383	0,292	0,42	0,31

Таблица 2. Емкостные токи замыкания на землю для кабельных сетей, А/км

Сечение жилы	Напряжение, кВ			
	6	10	20	35
25	0,47	0,62	1,88	-
35	0,54	0,71	2,10	-
50	0,63	0,8	2,33	-
70	0,73	0,84	2,66	3,5
95	0,85	1,1	2,88	3,9
120	0,95	1,23	3,55	4,6
150	1,07	1,36	3,9	5,0
185	1,18	1,50	4,2	-
240	1,31	1,67	-	-

Таблица 3. Параметры дугогасящих реакторов типа РЗДСОМ

№ пп	S_H , кВА	U_H , кВ	$I_{мин} - I_{макс}$, А
1	115	6	12,5 – 25
2	230	6	25 - 50
3	460	6	50 – 100

4	920	6	100 – 200
5	190	0	12.5 – 25
6	380	10	25 - 30
7	760	10	50 – 100
8	1520	10	100 – 200
9	310	35	6.25 – 12,5
10	620	35	12,5 – 25
11	1240	35	25 - 50

Контрольная задача №2

Определение фазных напряжений у потребителя

От шин ТП 6-0,4кВ питается жилой дом (трехфазный потребитель, рис.2). Расстояние от ТП до потребителя L,м. Питающая линия (нечетные варианты – ВЛ с проводом марки А, четные – кабель марки ААШв) – четырехжильная, сечение жилы – s, кв.мм. Известны фазные нагрузки потребителя: P_A , P_B и P_C , кВт. Сопротивление заземлителя, расположенного у ТП, составляет R_z , Ом. На вводе в жилой дом произведено повторное заземление нулевого провода, его сопротивление равно $R_{пз}$, Ом.

Требуется:

2. Определить фазные напряжения у потребителя при:

- нормальном режиме работы;
- обрыве нулевого провода линии и отсутствии повторного заземления;
- обрыве нулевого провода линии и наличии повторного заземления (два значения);

2. Построить векторные диаграммы напряжений для всех режимов работы.

Варианты заданий:

№ варианта	L, м	s мм ²	R_z , Ом	P_A ,кВт	P_B ,кВт	P_C ,кВт	$R_{пз}$,Ом
1	200	95	20	15	10	70	30; 8
2	250	70	30	4	30	20	10; 5
3	150	120	15	0,1	10	22	15; 6
4	250	70	10	0,15	20	3	30; 8
5	240	120	25	0,2	15	4	10; 30
6	180	120	30	0,5	9	0,1	15; 6
7	190	50	10	10	4	0,15	30; 10
8	100	35	8	30	0,1	0,2	30; 6
9	300	50	15	10	0,15	0,5	18; 8
10	500	70	16	20	0,2	0,5	30; 5
11	230	95	23	15	0,5	4	12; 6
12	210	120	20	9	1,7	4	20; 4
13	430	95	20	4	10	0,1	20; 10
14	120	35	8	20	10	0,15	26; 10
15	100	50	6	25	0,1	0,2	30; 8
16	80	70	18	16	9	0,5	16; 10
17	270	35	20	1,5	30	0,1	20; 9

18	260	50	22	4	40	13	24; 10
19	220	120	10	0,1	10	0,2	30; 8
20	370	50	15	0,15	15	8	30; 12
21	340	70	8	0,2	20	10	28; 8
22	390	95	25	2,1	0,5	16	25; 9
23	200	95	30	26	0,2	0,4	10; 4
24	120	35	12	17	8	1	23; 12
25	100	50	15	1,6	28	0,2	18; 7
26	50	70	20	3	37	12	20; 10
27	500	70	25	0,2	12	0,1	25; 7
28	410	95	30	0,1	17	10	30; 7
29	210	120	5	5	35	10	30; 10
30	310	120	15	0,2	12	0,1	20; 11
31	300	50	15	0,1	12	10	25; 10
32	260	50	27	0,2	22	15	20; 7
33	360	70	18	2	1	18	18; 8
34	400	70	12	25	0,1	1	30; 10
35	500	35	10	20	10	1	30; 12
36	250	50	20	15	10	0,1	20; 10
37	35	50	23	1,5	25	0,2	22; 9
38	470	35	15	2	25	10	20; 8
39	160	120	20	0,1	15	1	19; 9
40	270	95	20	25	15	2	20; 4

Алгоритм решения:

1. Определение фазных напряжений при нормальном режиме работы:

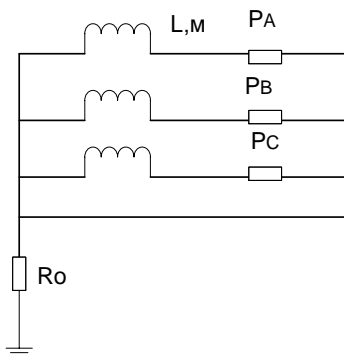


Рис 2. Поясняющая схема к задаче №2

$$(2.1) \quad U_{A2} = U_{A1} - \Delta U_A \quad ; \quad U_{B2} = U_{B1} - \Delta U_B \quad ; \quad U_{C2} = U_{C1} - \Delta U_C$$

$$(2.2) \quad \Delta U_A = \frac{A_1 * M_A}{s} \quad ; \quad \Delta U_B = \frac{A_1 * M_B}{s} \quad ; \quad \Delta U_C = \frac{A_1 * M_C}{s}$$

$$\text{где: } M_A = P_A * L \quad ; \quad M_B = P_B * L \quad ; \quad M_C = P_C * L$$

A_1 – коэффициент, учитывающий потерю напряжения, в зависимости от передаваемой мощности, длины, и сечения проводника.

Для 3-фазной сети напряжением 380 В, выполненной алюминиевым проводом

$$A_1 = 0.027 * 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{м} * \text{А}$$

3. Определение фазных напряжений при обрыве нулевого провода линии и отсутствии повторного заземления:

Вначале необходимо определить активные проводимости в каждой фазе

$$(2.3) \quad Y_A = \frac{P_A}{U_A}; \quad Y_B = \frac{P_B}{U_B}; \quad Y_C = \frac{P_C}{U_C}$$

Затем определить напряжение на нейтрали

$$(2.4) \quad \dot{U}_N = \frac{\dot{U}_A * Y_A + \dot{U}_B * Y_B + \dot{U}_C * Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_N}$$

Где: U_A, U_B, U_C это номинальные фазные напряжения, т.е.

$$\underline{U}_A = U_\phi; \quad \underline{U}_B = U_\phi * a^2; \quad \underline{U}_C = U_\phi * a$$

$$a = e^{j120}; \quad a^2 = e^{j240}$$

По фазные напряжения после обрыва нулевого провода

$$\underline{U}'_A = \underline{U}_A - \underline{U}_N \quad \underline{U}'_B = \underline{U}_B - \underline{U}_N \quad \underline{U}'_C = \underline{U}_C - \underline{U}_N$$

Где $\underline{U}_A; \underline{U}_B; \underline{U}_C$ – фазные напряжения до аварии в ком плексной форме

$\underline{U}'_A; \underline{U}'_B; \underline{U}'_C$ – фазные напряжения в аварийном режиме в комплексной форме

3. Определение фазных напряжений при обрыве нулевого провода линии и наличии повторного заземления $R_{ПЗ1}, R_{ПЗ2}$:

Проводимость нулевого провода после обрыва нулевого провода при наличии повторного заземления (два значения $R_{ПЗ1}$ и $R_{ПЗ2}$) определить так:

$$(2.5) \quad Y_{N1} = \frac{1}{R_3 + R_{ПЗ1}}; \quad Y_{N2} = \frac{1}{R_3 + R_{ПЗ2}}$$

Напряжения по фазам это:

$$(2.6) \quad \underline{U}'_A = \underline{U}_A - \underline{U}_{N1} \quad \underline{U}'_B = \underline{U}_B - \underline{U}_{N1} \quad \underline{U}'_C = \underline{U}_C - \underline{U}_{N1}$$

$$(2.7) \quad \dot{U}_{N2} = \frac{\dot{U}_A * Y_A + \dot{U}_B * Y_B + \dot{U}_C * Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_{N2}}$$

$$(2.8) \quad \underline{U}'_A = \underline{U}'_A - \underline{U}_{N2}; \quad \underline{U}'_B = \underline{U}'_B - \underline{U}_{N2}; \quad \underline{U}'_C = \underline{U}'_C - \underline{U}_{N2}$$

4. Построение векторных диаграмм напряжений для всех режимов работы.

Вывод: Наличие повторного заземления нулевого провода позволяет уменьшить напряжение на нейтрали на (сколько - показать)

Контрольная задача № 3

Показатели качества электроэнергии. Несимметрия напряжений.

Определить виновников искажения качества эл.энергии по несимметрии напряжений. Установить степень вины.

От шин напряжением 0,4 кВ подстанции, являющихся точкой общего присоединения (ТОП), по радиальной схеме питаются три потребителя. Информационно-вычислительный комплекс измерил напряжения на шинах $U_{АШ}, U_{ВШ}, U_{СШ}$ и фазные токи I_{iA}, I_{iB}, I_{iC} i-го потребителя.

Это комплексные величины, поэтому в задании приведены разделенные символом / их модули в вольтах и аргументы в градусах.

Требуется определить вклад каждого потребителя отдельно и энергосистемы в искажение напряжения на шинах подстанции по обратной и нулевой последовательности.

Исходные данные

№пп	Напряжения на шинах, В			№ потребб.	Фазные токи потребителей, А		
	Фаза А	Фаза В	Фаза С		Фаза А	Фаза В	Фаза С
1	220/5	215/-120	210/120	1	22/5	21,5/-120	21/120
				2	0	21,5/30	21/30
				3	11/0	43/-100	0
2	200/0	210/-100	230/130	1	40/0	42,0/-100	46/30
				2	22/50	21/-120	0
				3	11/90	0	0
3	230/-5	220/120	210/110	1	22/5	22/-150	21/120
				2	30/0	0	42/20
				3	23/-5	22/-120	21/110
4	210/10	200/-120	220/115	1	21/10	20/-120	22/115
				2	0	20/-120	22/25
				3	63/0	60/150	66/100
5	220/0	200/-120	240/120	1	0	0	24/30
				2	88/0	80/-120	96/120
				3	22/5	21,5/120	21/120
6	220/5	220/-100	220/90	1	22/5	22/-100	22/90
				2	0	21,5/-30	21/30
				3	11/0	43/-120	0
7	190/0	240/-120	210/100	1	38/5	0	21/60
				2	57/0	72/-120	63/100
				3	76/0	96/-210	84/190
8	200/0	210/-115	205/120	1	30/-50	30/-140	30/90
				2	30/-10	0	30/30
				3	40/-10	42/-115	41/120
9	205/10	215/-115	210/110	1	20,5/10	21,5/-115	21/110
				2	30/0	30/-140	30/50
				3	41/30	43/-205	0
10	200/5	200/-110	200/110	1	0	0	60/20
				2	40/5	40/-110	40/110
				3	50/25	30/-140	10/70
11	220/5	200/-130	210/130	1	66/-90	0	63/100
				2	0	60/-200	0
				3	44/5	40/-130	42/130
12	215/-5	220/-120	200/125	1	43/-5	44/-120	40/125
				2	43/95	44/-120	40/215
				3	0	22/-30	20/35
13	220/10	220/-100	220/120	1	66/10	66/-100	66/120
				2	44/-80	44/190	22/30
				3	66/90	22/140	0
14	200/0	200/-120	200/100	1	80/0	80/-120	80/100
				2	60/0	60/-210	60/10
				3	60/-90	0	0
15	210/0	215/-115	216/115	1	15/0	15/-115	21,6/115
				2	0	0	43,2/25
				3	21/0	21,5/-115	21,6/115

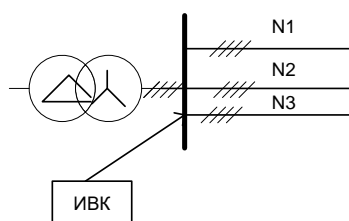
16	210/10	220/-120	230/130	1	42/10	44/-120	46/30
				2	0	22/-30	43/40
				3	63/0	66/-150	0
17	200/-10	210/-115	205/120	1	30/-50	30/-140	30/90
				2	30/-10	0	30/30
				3	40/-10	42/-115	41/120
18	218/10	215/-123	210/115	1	0	43/-213	42/25
				2	21,8/10	21,5/-123	21/115
				3	43,6/-80	0	0
19	210/0	210/-110	210/130	1	42/0	42/-110	42/130
				2	0	63/-200	0
				3	84/90	0	21/40
20	215/5	216/-120	210/122	1	21,5/5	21,6/-120	21/122
				2	43/0	0	43/122
				3	21,5/5	21,6/-210	21/212
21	210/-5	215/-125	200/120	1	84/-5	86/-125	80/120
				2	63/-95	43/-125	40/30
				3	0	0	60/120
22	215/-18	210/-110	215/110	1	43/-18	42/-110	43/130
				2	43/-8	42/-130	43/20
				3	0	21/-60	43/70
23	220/0	200/-120	200/110	1	66/-90	60/-30	40/110
				2	88/0	80/-120	80/110
				3	22/0	0	0
24	210/5	220/-120	200/130	1	84/15	88/-120	80/130
				2	63/-30	88/-200	80/100
				3	0	0	60/40
25	200/5	210/-100	210/120	1	80/10	84/-100	84/120
				2	60/10	63/-10	63/130
				3	0	0	63/120
26	220/15	200/-120	200/100	1	66/-75	60/-120	20/10
				2	44/15	0	60/140
				3	88/15	80/-120	80/100
27	200/10	210/-120	200/110	1	40/-10	63/-120	60/40
				2	80/10	84/120	80/110
				3	0	63/-150	60/110
28	210/10	220/-120	230/130	1	42/10	44/-120	46/130
				2	0	22/-30	43/40
				3	63/0	66/-150	0
29	215/-18	210/-110	215/110	1	43/-18	42/-110	43/130
				2	43/-8	42/-130	43/20
				3	0	21/60	43/70
30	220/5	215/-120	210/120	1	22/5	21,5/-120	21/120
				2	0	21,5/30	21/130
				3	11/0	43/-100	0
31	220/0	200/-120	240/120	1	0	0	24/30
				2	88/0	80/-120	96/120
				3	22/5	21,5/-120	21/120
32	220/5	220/-100	220/90	1	22/5	22/-100	22/90
				2	0	21,5/-30	21/30

				3	11/0	43/-120	0
33	190/0	240/-120	210/100	1	38/5	0	21/60
				2	57/0	72/-120	63/100
				3	76/0	96/-210	84/190
34	215/-5	220/-120	200/125	1	43/-5	44/-120	40/125
				2	43/-95	44/-120	40/215
				3	0	22/-30	20/35
35	220/10	220/-100	220/120	1	66/10	66/-100	66/120
				2	44/-80	44/-190	22/30
				3	66/90	22/-140	0
36	220/10	220/-100	220/120	1	66/10	66/-100	66/120
				2	44/-80	44/-190	22/30
				3	66/90	22/-140	0
37	200/0	200/-120	200/100	1	80/0	80/-120	80/100
				2	60/0	60/-210	60/10
				3	60/-90	0	0
38	200/0	210/-115	205/120	1	30/-50	30/-140	30/90
				2	30/-10	0	30/30
				3	40/-10	42/-115	41/120
39	205/10	215/-115	210/110	1	20,5/10	21,5/-115	21/110
				2	30/0	30/-140	30/50
				3	41/30	43/-205	0
40	200/-10	200/-100	210/100	1	20/-10	20/-100	21/100
				2	80/100	80/-100	0
				3	0	60/-190	84/100
41	220/0	220/-100	220/100	1	88/-90	88/-190	88/10
				2	66/0	66/-100	66/10
				3	0	110/-100	0
42	200/10	210/-120	200/110	1	40/-80	63/-120	60/40
				2	80/10	84/-120	80/110
				3	0	63/-150	60/110
43	220/10	210/-110	200/120	1	88/10	84/-110	80/120
				2	22/0	42/-200	60/120
				3	66/-80	0	0

Методические указания

Одной из многих задач, которые приходится решать, занимаясь проблемой качества электрической энергии, является выявление потребителей, искажающих его по тем или иным показателям качества электроэнергии, и определение фактического вклада данных потребителей и энергосистемы в это искажение.

Определить виновников искажения качества эл.энергии по несимметрии напряжений. Установить степень вины.



$U_{Ac} =$	$I_{1A} =$	$I_{2A} =$	$I_{3A} =$
$U_{Bc} =$	$I_{1B} =$	$I_{2B} =$	$I_{3B} =$
$U_{Cc} =$	$I_{1C} =$	$I_{2C} =$	$I_{3C} =$
Тр-р 6/0,4кВ			

Решение задачи разбивается на два этапа:

1. Определение фактического вклада каждого потребителя в несимметрию отдельно по K_{U2} и K_{U0} .
2. Определение фона несимметрии от энергосистемы (т.е. ее вклада) также отдельно по K_{U2} и K_{U0} .

На первом этапе решения считаем, что фон от энергосистемы отсутствует, что означает равенство сопротивлений.

Этап 1. Определение фактического вклада каждого потребителя в несимметрию напряжений отдельно по K_{U2} и K_{U0} .

1. Находим напряжение на шинах прямой, обратной и нулевой последовательностей:

$$(3.1) \quad \dot{U}_1 = (\dot{U}_A + a\dot{U}_B + a^2 \dot{U}_C)/3$$

$$\dot{U}_2 = (\dot{U}_A + a^2\dot{U}_B + a \dot{U}_C)/3$$

$$\dot{U}_0 = (\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C)/3$$

где:

$$a = -0,5 + j0,866$$

$$a^2 = -0,5 - j0,866$$

2. Находим коэффициенты несимметрии напряжений на шинах:

$$(3.2) \quad K_{U2} = \frac{|U_2|}{|U_1|} 100\%$$

$$K_{U0} = \frac{|U_0|}{|U_1|} 100\%$$

3. Находим фазные проводимости у каждого потребителя:

$$(3.3) \quad \dot{Y}_{1A} = \frac{\dot{I}_{1A}}{\dot{U}_A}; \quad \dot{Y}_{1B} = \frac{\dot{I}_{1B}}{\dot{U}_B}; \quad \dot{Y}_{1C} = \frac{\dot{I}_{1C}}{\dot{U}_C};$$

$$\dot{Y}_{2A} = \frac{\dot{I}_{2A}}{\dot{U}_A}; \quad \dot{Y}_{2B} = \frac{\dot{I}_{2B}}{\dot{U}_B}; \quad \dot{Y}_{2C} = \frac{\dot{I}_{2C}}{\dot{U}_C};$$

$$\dot{Y}_{3A} = \frac{\dot{I}_{3A}}{\dot{U}_A}; \quad \dot{Y}_{3B} = \frac{\dot{I}_{3B}}{\dot{U}_B}; \quad \dot{Y}_{3C} = \frac{\dot{I}_{3C}}{\dot{U}_C};$$

4. Определяем критерий вины каждого потребителя. Для обратной последовательности 1,2,3- потребителями:

$$(3.4) \quad T_{21} = |\underline{Y}_{1A} + a \underline{Y}_{1B} + a^2 * \underline{Y}_{1C}|$$

$$T_{22} = |\underline{Y}_{2A} + a \underline{Y}_{2B} + a^2 * \underline{Y}_{2C}|$$

$$T_{23} = |\underline{Y}_{3A} + a \underline{Y}_{3B} + a^2 * \underline{Y}_{3C}|$$

Для нулевой последовательности 1,2,3- потребителями:

$$(3.5) \quad T_{01} = |\underline{Y}_{1A} + a^2 \underline{Y}_{1B} + a * \underline{Y}_{1C}|$$

$$T_{02} = |\underline{Y}_{2A} + a^2 \underline{Y}_{2B} + a * \underline{Y}_{2C}|$$

$$T_{03} = |\underline{Y}_{3A} + a^2 \underline{Y}_{3B} + a * \underline{Y}_{3C}|$$

5. Определить весовые коэффициенты, учитывающие фактический вклад 1,2,3 потребителя в несимметрию напряжений по обратной и нулевой последовательности:

$$(3.6) \quad W_{21} = T_{21} / \sum T_{2(1,2,3)}$$

$$W_{22} = T_{22} / \sum T_{2(1,2,3)}$$

$$W_{23} = T_{23} / \sum T_{2(1,2,3)}$$

$$(3.7) \quad W_{01} = T_{01} / \sum T_{0(1,2,3)}$$

$$W_{01} = T_{01} / \sum T_{0(1,2,3)}$$

$$W_{01} = T_{01} / \sum T_{0(1,2,3)}$$

Этап 2. Определение фона несимметрии напряжений от энергосистемы отдельно по K_{U2} и K_{U0} .

Допущение: нагрузка симметрична, т.е. суммарные фазные проводимости нагрузки $Y_{фсм}$ одинаковы.

1. Определить эквивалентное сопротивление и эквивалентную проводимость системы. Эту проводимость можно вычислить по формуле:

$$(3.8) \quad \underline{Y}_{фсм} = (\underline{Y}_{ПА} + \underline{Y}_{ПВ} + \underline{Y}_{ПС}) / 3$$

$$\underline{Y}_{ПА} = \underline{Y}_{A1} + \underline{Y}_{A2} + \underline{Y}_{A3}$$

$$\underline{Y}_{ПВ} = \underline{Y}_{B1} + \underline{Y}_{B2} + \underline{Y}_{B3}$$

$$\underline{Y}_{ПС} = \underline{Y}_{C1} + \underline{Y}_{C2} + \underline{Y}_{C3}$$

$$\underline{Z}_{фсм} = 1 / \underline{Y}_{фсм}$$

2. Эквивалентное сопротивление системы $\underline{Z}_{СА}$:

$$(3.9) \quad \underline{Z}_{СА} = (\underline{U}_A - \underline{U}_{АШ}) / \underline{I}_{ТА}$$

$$\underline{Z}_{СВ} = (\underline{U}_B - \underline{U}_{ВШ}) / \underline{I}_{ТВ}$$

$$\underline{Z}_{СС} = (\underline{U}_C - \underline{U}_{СШ}) / \underline{I}_{ТС}$$

$\underline{U}_A, \underline{U}_B, \underline{U}_C$ – напряжения фазы А, В, С на трансформаторе

$$\underline{U}_A = U_{\phi}; \quad \underline{U}_B = a * U_{\phi}; \quad \underline{U}_C = a^2 * U_{\phi}$$

$\underline{U}_{АШ}, \underline{U}_{ВШ}, \underline{U}_{СШ}$ – напряжения фазы А, В, С на шинах потребителей

$\underline{I}_{ТА}, \underline{I}_{ТВ}, \underline{I}_{ТС}$ – ток фазы А, В, С на вторичной обмотке трансформатора

$$\underline{I}_{ТА} = \sum \underline{I}_{A1,2,3}$$

$$\underline{I}_{ТВ} = \sum \underline{I}_{B1,2,3}$$

$$\underline{I}_{ТС} = \sum \underline{I}_{C1,2,3}$$

3. Определить общее сопротивление системы:

$$(3.10) \quad \underline{Z}_{ОСА} = \underline{Z}_{СА} + \underline{Z}_{фсм}$$

$$\underline{Z}_{ОСВ} = \underline{Z}_{СВ} + \underline{Z}_{фсм}$$

$$\underline{Z}_{ОСС} = \underline{Z}_{СС} + \underline{Z}_{фсм}$$

4. Определение напряжения на шинах 0,4кВ при допущении условия симметричной нагрузки

$$(3.11) \quad \underline{U}_{АШ} = (\underline{U}_A / \underline{Z}_{ОСА}) \times \underline{Z}_{фсм}$$

$$\underline{U}_{ВШ} = (\underline{U}_B / \underline{Z}_{ОСВ}) \times \underline{Z}_{фсм}$$

$$\underline{U}_{СШ} = (\underline{U}_C / \underline{Z}_{ОСС}) \times \underline{Z}_{фсм}$$

4. Определение напряжений прямой, обратной и нулевой последовательностей при допущении условия симметричной нагрузки

$$\underline{U}_1 = 1/3 (\underline{U}_{АШ} + a * \underline{U}_{ВШ} + a^2 * \underline{U}_{СШ})$$

$$\underline{U}_2 = 1/3 (\underline{U}_{АШ} + a^2 * \underline{U}_{ВШ} + a * \underline{U}_{СШ})$$

$$\underline{U}_0 = 1/3 (\underline{U}_{АШ} + \underline{U}_{ВШ} + \underline{U}_{СШ})$$

5. Определение коэффициентов несимметрии по обратной и нулевой последовательности при допущении условия симметричной нагрузки

$$K_{U_{\Delta 2}} = \frac{|U_{\Delta 2}|}{|U_{\Delta 1}|} 100\%$$

$$K_{U_{\Delta 0}} = \frac{|U_{\Delta 0}|}{|U_{\Delta 1}|} 100\%$$

6. Определить весовые коэффициенты для энергосистемы по обратной и нулевой последовательности при допущении условия симметричной нагрузки

$$(3.12) \quad W_{2\Delta} = K_{U_{\Delta 2}} / K_{2U}; \quad W_{0\Delta} = K_{U_{\Delta 0}} / K_{0U}$$

7. Определение вклада в несимметрию напряжения на границе балансовой принадлежности энергосистема – потребитель.

Если полученный результат меньше 1, то полученный результат – вклад в несимметрию энергосистемы, остальное (до единицы) – всех потребителей.

Если результат больше 1, тогда 1 – вклад потребителей. Общий вклад суммируется.

Доля энергосистемы = $W_{2\Delta} / \sum$ вкладов, доля потребителей = $1 / \sum$ вкладов.

$W_{0\Delta} / \sum$ вкладов, доля потребителей = $1 / \sum$ вкладов

Вывод: В точке общего присоединения выявлена несимметрия напряжений. Доля вклада в несимметрию энергосистемы всех потребителей - и каждого отдельно: