Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»

«Кадры для регионов»

ФГБОУ ВПО «Амурский государственный университет»

Методические указания подготовлены в рамках реализации проекта о подготовке высококвалифицированных кадров для предприятий и организаций регионов («Кадры для регионов»)

Н.В. Савина

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Методические указания для самостоятельной работы студентов

по направлению подготовки 13.03.02 (140400.62)
«Электроэнергетика и электротехника»
профили «Электрические станции»
«Электроэнергетические системы и сети»
«Электроснабжение»

Благовещенск
Издательство АмГУ

2014

ББК 31.27 я 73
С 13

Печатается по решению редакционно-издательского совета Амурского государственного университета

Разработаны в рамках реализации гранта «Подготовка высококвалифицированных кадров в сфере электроэнергетики и горно-металлургической отрасли для предприятий Амурской области» по заказу предприятия-партнера ОАО «Дальневосточная распределительная сетевая компания»

Рецензенты:

Гаврилов Андрей Анатольевич, заместитель начальника департамента – начальник отдела социальной политики ОАО «ДРСК»

Теличенко Денис Алексеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры АППиЭ ФГБОУ ВПО «Амурский государственный университет».

С 13 Савина Н.В. **Качество электроэнергии:** Методические указания для самостоятельной работы студентов / Н.В. Савина. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2014. – 45 с.

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Качество электроэнергии» предназначены для подготовки бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», профилям «Электрические станции», «Электроэнергетические системы и сети», «Электроснабжение». Соответствуют рабочей программе дисциплины и федеральному государственному образовательному стандарту ВО РФ.

В авторской редакции.

©Амурский государственный университет, 2014
©САВИНА Н.В., 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
1. Организация самостоятельной работы 6
1.1. Методические указания студентам по изучению дисциплины 6
1.2. Цели и задачи самостоятельной работы 7
1.3. Задачи профессиональной деятельности выпускника 8
1.4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины 9
1.5. Структура дисциплины и формы самостоятельной работы, предусмотренные при ее изучении 11
2. Содержание разделов и тем, выносимых на самостоятельную работу 13
2.1. Теоретический материал дисциплины, выносимый на самостоятельную проработку 13
2. 2. Методические указания к выполнению домашних заданий и расчетно-графической работы 17
2.3. Подготовка к лабораторной работе и выполнению отчета по ней 19
3. Банк заданий для самостоятельной работы студентов 21
3.1. Индивидуальные задания для самостоятельной работы студентов 21
3.2. Вопросы для самопроверки 38
Заключение 41
Библиографический список 42

ВВЕДЕНИЕ

Проблема качества электроэнергии (КЭ) в электрических сетях электроэнергетических систем и системах электроснабжения промышленных предприятий и городов является одной из важнейших, определяющих надежность и эффективность электроснабжения потребителей. Непрерывный рост установленной мощности нелинейных, несимметричных и резкопеременных нагрузок приводит к ухудшению качества электроэнергии. В свою очередь низкое качество электроэнергии обусловливает ежегодные ущербы, составляющие сотни млрд. рублей. В связи с этим необходимо уметь оценивать качество электроэнергии и обеспечивать его количественное значение в пределах, исключающих негативные последствия.

Качество электроэнергии выражается степенью удовлетворения потребителя условиями электроснабжения и зависит не только от этих условий, но и от особенностей применяемого электрооборудования: его критичности к электромагнитным помехам и их генерированию.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы по дисциплине «Качество электроэнергии» студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавриата «Электроэнергетика и электротехника», профилям «Электрические станции», «Электроэнергетические системы и сети», «Электроснабжение».

Назначением методических указаний к самостоятельной работе студентов является оказание помощи в получении необходимых дополнительных знаний в области качества электроэнергии.

В методических указаниях даны структура, задания и методика реализации всех видов самостоятельных работ в соответствии с рабочей программой дисциплины. При самостоятельном выполнении различных видов заданий студенты учатся осваивать новый материал, работать с нормативно-правовой базой, учебной и справочной литературой.

Самостоятельная работа позволит студентам освоить нормативные документы по качеству электроэнергии электрооборудования и систем, понять сущность проблемы качества электроэнергии, получить знания в области современных инженерных методов расчета показателей качества электроэнергии и технических средств по его нормализации; сформировать системные и профессиональные компетенции по определению показателей качества электроэнергии в точках передачи электроэнергии и по его повышению в условиях эксплуатации и при проектировании объектов электроэнергетической системы и промышленных предприятий.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1.1. Методические указания студентам по изучению дисциплины

Самостоятельная работа студентов (СРС) должна носить планомерный и творческий характер. Качественное освоение дисциплины невозможно без использования учебной и справочной литературы и других источников. В первую очередь следует применять литературу, рекомендованную для подготовки к лекции или практическому занятию. Помимо рекомендованной литературы можно пользоваться другими источниками, но только при условии критического отношения к содержащейся в них информации.

При чтении учебника следует обращать внимание на логику рассуждений автора, вычленяя узловые понятия и идеи, понять физический смысл и логику построения всех приведенных формул, разобраться со схемами и их преобразованиями, понять сущность моделей и алгоритмов методов расчета. Текст рекомендуется прочитать не менее двух раз: при первом чтении достигается общее представление о предмете, а при повторном - логика рассуждений, содержание, смысл и значение отдельных идей, моделей, преобразований, методов и алгоритмов.

При самостоятельной работе над разделами теоретического курса бакалаврам необходимо:

самостоятельно изучить дополнительные материалы по программе теоретического курса в соответствии с рабочей программой дисциплины;

подготовить устные ответы на контрольные вопросы по каждой теме;

пройти тестирование.

Прежде чем приступить к выполнению домашних заданий, необходимо изучить соответствующий теоретический материал и разобраться с решением аналогичных задач, рассмотренных на практических занятиях или приведенных в литературе. Индивидуальные домашние задания выполняются с помощью программного комплекса MathCad и графического редактора Visio или AutoCAD.

Подготовка к лабораторной работе – еще один важный аспект самостоятельной работы. При подготовке к ней необходимо изучить теоретический материал, соответствующий теме лабораторной работы. После ее выполнения необходимо выполнить отчет по лабораторной работе и подготовиться к его защите.

Одним из эффективных методов обучения и проверки знаний по дисциплине является тестирование и выполнение расчетных заданий. Предлагаемые тесты и задания предназначены для организации самостоятельной работы и самоконтроля студентов и проверки качества усвоения дисциплины. Содержание тестов отражает основную проблематику дисциплины и требования, предъявляемые к уровню знаний студентов ФГОС ВПО по данной дисциплине.

Процесс подготовки к зачету должен совпадать с логикой изучения учебной дисциплины. Готовить материал следует модулями (блоками), а не отдельными вопросами, но при этом четко фиксировать содержание каждого конкретного вопроса. Целесообразно использовать конспекты лекций и рабочую программу дисциплины. Особое внимание следует уделить усвоению базовых понятий качества электроэнергии, методов расчета показателей качества электроэнергии, способов и средств его улучшения.

1.2. Цели и задачи самостоятельной работы

В результате самостоятельной работы по дисциплине «Качество электроэнергии» студенты должны научиться осваивать новый материал, работать с нормативно-правовой базой и учебной литературой, пользоваться справочниками, принимать самостоятельные решения при решении поставленных задач.

Задачи самостоятельной работы следующие: освоение студентами нормативно-правовой базы по качеству электроэнергии; обоснованное понимание роли качества при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения потребителей, объектов электроэнергетических систем, изучение методов и алгоритмов расчетов показателей качества электроэнергии; приобретение студентами навыков контроля и управления качеством электроэнергии, определения ущербов от низкого качества электроэнергии.

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к следующим видам профессиональной деятельности выпускника:

- проектно-конструкторская;
- производственно-технологическая;
- научно-исследовательская.

1.3. Задачи профессиональной деятельности выпускника

Дисциплина направлена на подготовку бакалавра к решению следующих профессиональных задач, указанных в ФГОС ВПО.

а) проектно-конструкторская деятельность:

- сбор и анализ данных для проектирования;
- расчет и проектирование технических объектов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов;

б) производственно-технологическая деятельность:

- организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования;
- обслуживание технологического оборудования;
- организация метрологического обеспечения технологических процессов, использование типовых методов контроля качества выпускаемой продукции;
- участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки и производства новой продукции;
- оценка инновационного потенциала новой продукции;

в) научно-исследовательская деятельность:

- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов;
- подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;
- составление отчета по выполненному заданию, участие во внедрении результатов исследований и разработок.

1.4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

общекультурные:

способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1);

готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе (ОК-3);

готовность к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции (ОК-7);

общепрофессиональные:

способность и готовность использовать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики, в своей предметной области (ПК-1);

способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовность использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-2);

способность и готовность использовать нормативные правовые документы в своей профессиональной деятельности (ПК-4);

для проектно-конструкторской деятельности:

готовность использовать информационные технологии в своей предметной области (ПК-10);

готовность обосновывать принятие конкретного технического решения при создании электроэнергетического и электротехнического оборудования (ПК-14);

для производственно-технологической деятельности:

способность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, элементы экономического анализа в практической деятельности (ПК-20);

для научно-исследовательской деятельности:

готовность участвовать в исследовании объектов и систем электроэнергетики и электротехники (ПК-38).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

влияние качества электроэнергии (КЭ) на электроприемники, электрические сети и системы электроснабжения, технологические процессы, объекты систем электроэнергетики;

нормирование показателей качества электроэнергии (ПКЭ);

методы и измерительно-вычислительные комплексы для контроля качества электроэнергии;

методы расчета ПКЭ;

современные схемные решения и технические средства улучшения ПКЭ;

2) Уметь:

определять источники искажения КЭ и пользоваться нормативной документацией по качеству электроэнергии;

рассчитывать основные показатели качества электроэнергии в электрических схемах различной сложности;

выбирать точки, виды и периодичность контроля качества электроэнергии;

выбирать схему или техническое устройство для нормализации ПКЭ, а также рассчитывать его параметры;

осуществлять контроль КЭ;

выбирать оптимальный вариант схемы электроснабжения или электрической сети при наличии источников искажения КЭ;

определять ущербы от пониженного качества электроэнергии.

3) Владеть навыками:

применения методов расчета показателей качества электроэнергии в различных узлах электроэнергетической системы;

выбора оптимальных, с точки зрения обеспечения качества электроэнергии, схем подстанций, электрических сетей и систем электроснабжения;

контроля качества электроэнергии в точках ее передачи;

определения неустойки в случае нарушения качества электроэнергии.

1.5. Структура дисциплины и формы самостоятельной работы, предусмотренные при ее изучении

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
				ЛК	ПЗ	ЛР	СРС	
1	Нормирование и контроль качества электроэнергии	8	1-4	8	4	4	8	1,3 недели – блиц-опрос на лекции; 2,4 недели – опрос на практике, защита индивидуального домашнего задания; 2,4 недели – защита отчета по лабораторной работе
2	Методы расчета показателей качества электроэнергии	8	5-8	8	4	4	8	5, 7 недели - блиц-опрос на лекции; 6, 8 недели - опрос на практике, защита индивидуального домашнего задания; 6,8 недели – защита отчета по лабораторной работе; 7 неделя – контрольная работа

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
				ЛК	ПЗ	ЛР	СРС	
3	Улучшение качества электроэнергии	8	9-12	8	4	4	8	9,11 недели – блиц-опрос на лекции 10, 12 недели - опрос на практике, защита индивидуального домашнего задания; 10, 12 недели – защита отчета по лабораторной работе
4	Промежуточная аттестация	8						зачет

Примечания:

ЛК – лекции, ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы, СРС – самостоятельная работа студента.

Формы самостоятельной работы студентов

№ п/п	№ раздела дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в часах
5 семестр			
1	1	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе и выполнение отчета по ней; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	1 2 2 3
2	2	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе и выполнение отчета по ней; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2 2 2 2
3	3	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе и выполнение отчета по ней; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2 2 2 2

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ, ВЫНОСИМЫХ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ

2.1. Теоретический материал дисциплины, выносимый на самостоятельную проработку

Базовым учебником при изучении данной дисциплины является авторский курс лекций, изложенный в [1].

В процессе самостоятельной работы студенты должны усовершенствовать полученные знания из курса лекций.

Тема 1. Влияние качества электроэнергии на электроприемники и технологические установки. При изучении данного материала необходимо понимать актуальность проблемы КЭ. Знать характеристику КЭ на предприятиях и объектах, приравненных к ним. Уяснить влияние отклонений напряжения на работу асинхронных и синхронных двигателей, полупроводниковых преобразователей, электротермических установок, осветительных электроприемников. Влияние колебаний напряжения на здоровье человека, элементы систем электроэнергетики, потребителей электроэнергии, технологические установки. Четко представлять влияние несимметрии напряжения на электрические машины, электрические сети, системы автоматики, релейной защиты, телемеханики, работу электротермических установок. Понимать, как влияет несинусоидальность напряжения на электрооборудование, системы автоматики, релейной защиты, телемеханики, элементы систем электроэнергетики. Уяснить сущность электромагнитных помех и их влияние на объекты системы электроэнергетики, электронную и микропроцессорную технику, работу персональных компьютеров. Знать и понимать, как оценить ущерб от некачественной электроэнергии.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: характеристика качества электроэнергии на предприятиях и объектах, приравненных к ним; распределенная генерация как источник искажения качества электроэнергии; сравнительный анализ качества электроэнергии в разных странах. Классификация электромагнитных помех и их ранжирование по степени влияния на электроустановки и систему. Ущербы от пониженного качества электроэнергии.

Тема 2. Нормативно-правовое обеспечение проблемы качества электроэнергии. В процессе изучения материала по этой теме необходимо понимать, зачем нужна стандартизация в области качества электроэнергии, кто и как ее осуществляет. Следует изучить международные, межгосударственные стандарты по качеству электроэнергии, принципы нормирования КЭ, уметь сравнивать между собой стандарты на качество электроэнергии разных стран. Необходимо уяснить требования, предъявляемые к показателям качества электроэнергии (ПКЭ), знать нормативные значения ПКЭ. Следует четко понимать правовую основу взаимоотношений покупателей и продавцов на рынках электроэнергии в области качества электроэнергии.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: стандарты по качеству электроэнергии разных стран, ГОСТ 32144-2013, ГОСТ 13109-97, нормативно-правовые акты, регулирующие взаимоотношения на рынках энергии и мощности покупателей и продавцов электроэнергии.

Тема 3. Контроль качества электроэнергии. При изучении материалов этой темы необходимо усвоить основные определения в области контроля качества электроэнергии, понимать принципы контроля и анализа КЭ. Знать виды и периодичность контроля. Уметь выбирать пункты контроля КЭ и контролируемые ПКЭ. Знать средства и системы контроля КЭ, принципы их работы, области применения, преимущества и недостатки. Следует освоить формы и методы представления и анализа результатов контроля КЭ. Четко уяснить как определять неустойки за искажение качества электроэнергии.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: ГОСТ 32145-2013, технические средства и системы контроля качества электроэнергии, в том числе и автоматизированные.

Тема 4. Определение отклонений и колебаний напряжения. Определение возможного диапазона отклонений напряжения в точках передачи электроэнергии. Определение предельно допустимых отклонений на шинах центра питания. Определение отклонений напряжения в расчетной точке сети. Методы расчета колебаний напряжения. Определение колебаний напряжения при работе

ДСП. Расчет колебаний напряжения при работе сварочных установок, прокатных станов.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: инструментальная методика расчета отклонений напряжения в электрических сетях, методы расчета колебаний напряжения при работе сварочных установок, методика определения дозы фликера.

Тема 5. Расчет несинусоидальности и несимметрии напряжения. Материал этой темы посвящен несинусоидальности и несимметрии напряжения, свойствам качества электроэнергии, у которых наблюдается тенденция к росту при развитии электроэнергетических систем и систем электроснабжения предприятий. Следует четко представлять, как определять ПКЭ, характеризующие несинусоидальность напряжений в различных точках сети при одном и нескольких источниках искажения. Необходимо освоить методы составления схем замещения сети и их преобразования. Нужно понимать, как рассчитывать высшие гармоники в компенсирующих устройствах и проверять возможность возникновения резонанса в сети на частотах высших гармоник. Следует освоить методы расчета коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности. Необходимо понимать, как произвести оценку допустимости подключения специфичной нагрузки к сети энергоснабжающей организации.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: схемы замещения различных участков сети и систем электроснабжения для анализа несинусоидальности и несимметрии напряжения и их преобразования. Методы расчета несинусоидальности и несимметрии напряжения в точках передачи электроэнергии. Определение высших гармонических составляющих в компенсирующих установка при их подключении к сетям разных классов номинального напряжения.

Тема 6. Регулирование напряжения в сети. Данная тема посвящена способам и средствам регулирования напряжения. Необходимо четко представлять виды регулирования напряжения и пользоваться методами его регулирования. Следует понимать как производить анализ отклонений напряжения в распреде-

лительной сети и как обеспечивать выполнение закона встречного регулирования.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: технические средства регулирования напряжения в сети и способы их подключения к сети Закон встречного регулирования. Построение эпюр отклонения напряжения до и после регулирования напряжения.

Тема 7. Ограничение колебаний напряжения. Следует изучить схемные решения и технические средства по ограничению колебаний напряжения: специальные синхронные компенсаторы, статические источники прямой компенсации и косвенной компенсации колебаний напряжения: СТАТКОМ, ТКРМ, СКУ, ИРМ, СТК и др. Необходимо освоить методику выбора параметров технических средств, ограничивающих колебания напряжения.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: технические средства по ограничению колебаний напряжения.

Тема 8. Снижение несинусоидальности напряжения. Следует изучить схемные решения по снижению несинусоидальности напряжения. Необходимо усвоить принцип действия, конструктивное исполнение и технические параметры силовых резонансных фильтров, ненастроенных фильтров. Нужно освоить методики выбора их параметры. Изучить фильтросимметрирующие и фильтрокомпенсирующие устройства, комбинированные фильтры высших гармоник, гибридные и активные фильтры.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: комбинированные фильтры высших гармоник, гибридные и активные фильтры.

Тема 9. Снижение несимметрии напряжения. Необходимо освоить способы симметрирования, изучить схемные решения по снижению несимметрии напряжения. Изучить принцип действия, конструктивное исполнение и технические параметры симметрирующих устройств трансформаторного типа, схем Штейнметца, емкостных, емкостно-индуктивных устройства, освоить методы выбора их параметров.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: симметрирующие устройства трансформаторного типа, схемы Штейнметца.

Следует помнить, что при изучении отдельных теоретических вопросов курса используются знания, полученные в ранее изученных дисциплинах.

2.2. Методические указания к выполнению домашних заданий

Индивидуальные задания на самостоятельную работу подобраны таким образом, что полностью совпадают с тематикой практических занятий. В процессе самостоятельной работы студенты должны усовершенствовать полученные знания из курса лекций и закрепленные на практических занятиях.

В результате выполнения домашних заданий студенты должны научиться: проводить анализ выполнения требований ГОСТ 32144-2013 в точках передачи электроэнергии, рассчитывать отклонения напряжения в распределительных сетях и системах электроснабжения, определять колебания напряжения в узлах сети, рассчитывать несинусоидальные и несимметричные режимы в точках передачи электроэнергии и в характерных узлах сети и системы электроснабжения, осуществлять регулирование напряжения, выбирать технические средства по нормализации качества электроэнергии и определять их параметры.

Перечень тем индивидуальных домашних заданий:

- анализ соответствия качества электроэнергии в точках ее передачи требованиям ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»;
- расчет отклонений напряжения в точках передачи электроэнергии;
- определение колебаний напряжения;
- определение несинусоидальности напряжения в точках передачи электроэнергии;
- определение несимметрии напряжения в точках передачи электроэнергии;
- регулирование напряжения в электрической сети;
- улучшение качества электроэнергии.

Пример индивидуального задания

Вариант № 1

В центре питания установлен силовой трансформатор мощностью 16 МВА напряжением 110/10 кВ. От шин 10 кВ ЦП по двум петлевым кабельным линиям питаются трансформаторные ПС. От первой петли питается 3 трансформатора по 1000 кВА, от второй петли питается 5 СТ мощностью по 400 кВА. Расстояние между трансформаторами в петлях принять одинаковым. Длина первой петли 2,5 км, второй – 3 км. Обеспечить встречное регулирование для режима наибольшей нагрузки, если напряжение в ЦП равно 114 кВ.

В таблице 2.1 систематизирована рекомендуемая литература, которая поможет успешно справиться с индивидуальным домашним заданием.

Таблица 2.1. Рекомендуемая литература для выполнения индивидуального домашнего задания

Номер темы индивидуального домашнего задания	Наименование темы индивидуального домашнего задания	Номер из списка литературы с изложением теоретического материала по теме задания	Номер из списка литературы с примерами решения задач по теме индивидуальных заданий.
1	Оценка соответствия качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013	1, стр. 47-66 7, стр. 189-192 2, стр. 230-235 ГОСТ 32144-2013	7, стр. 192-195 2, стр. 227, 229-230
2. 3.	Расчет отклонений напряжения. Расчет колебаний напряжения. Расчет несинусоидальных режимов Расчет несимметричных режимов	1, стр. 67-74 2, стр. 277-285 10 д, стр. 165-167 1, стр. 75-86 10, стр. 186-196 1, стр. 87-104 1, стр. 105-109 10 д, стр. 173-186 10 д, стр. 167-173	5, стр. 285-289 2 д, стр. 99-109 2 д, стр. 110-114 2 д, стр. 95-99
4.	Регулирование напряжения	1, стр. 110-123 2, стр. 289-298 2, стр. 168-174	
5	Выбор технических средств для снижения несинусоидальности напряжения	1, стр. 136-142, 146-152 2, стр. 178-187	1, стр. 143-146, 152-153 2 д, стр. 144-145
6.	Выбор технических средств для снижения несимметрии напряжения	1, стр. 154-164	2 д, стр. 162-163
7.	Выбор технических средств для ограничений колебаний напряжения.	1, стр. 124-135	2д, стр. 130-133

Примечание: цифрой без буквы обозначена основная литература, буква д при цифре обозначает номер литературы из списка дополнительной литературы.

Алгоритм выполнения домашних заданий лучше осваивать, изучая решение типовых задач. Примеры их решения приведены в[1].

2.3. Подготовка к лабораторной работе и выполнению отчета по ней

В соответствии с рабочей программой по дисциплине должны быть выполнены следующие лабораторные работы:

1. Влияние качества электроэнергии на элементы электрической сети и учет электроэнергии – 2 ч.;
2. Исследование ПКЭ, характеризующих отклонение и колебание напряжения, в электрической сети – 4 ч.;
3. Исследование ПКЭ, характеризующих несинусоидальность и несимметрию напряжения, в электрической сети – 4 ч.;
4. Организация эксплуатационного контроля качества электроэнергии – 2ч.

Предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студентов по лабораторному практикуму:

- Изучение теоретического материала по теме лабораторной работы;
- Изучение правил техники безопасности при работе с лабораторным оборудованием, находящимся под напряжением;
- Ознакомление с лабораторным стендом;
- Подготовка шаблонов таблиц по лабораторной работе;
- Подготовка к входному контролю-допуску к выполнению лабораторной работы;
- Оформление отчета по лабораторной работе;
- Подготовка к защите отчета по лабораторной работе.

Рекомендуемая литература с указанием страниц для самостоятельной работы по лабораторному практикуму приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Рекомендуемая литература для выполнения лабораторных работ

Номер лабораторной работы	Наименование темы лабораторной работы или ее части	Номер из списка литературы с изложением теоретического материала по теме задания
1	Влияние качества электроэнергии на элементы электрической сети и учет электроэнергии	1, стр. 8-14 2, стр. 93-110 10 д, стр. 65-102
2	Исследование ПКЭ, характеризующих отклонение напряжения в электрической сети	1, стр. 67-74 2, стр. 277-285 10 д, стр. 165-167 ГОСТ 32144-2013
2	Исследование ПКЭ, характеризующих колебание напряжения в электрической сети	1, стр. 75-86 2, стр. 29-31 10 д, стр. 186-196 ГОСТ 32144-2013
3	Исследование ПКЭ, характеризующих несинусоидальность напряжения, в электрической сети	1, стр. 87-104 2, стр. 31-37 10 д, стр. 173-186 ГОСТ 32144-2013
3	Исследование ПКЭ, характеризующих несимметрию напряжения, в электрической сети	1, стр. 105-108, 2, стр. 38-41 10 д, стр. 167-173 ГОСТ 32144-2013
4	Организация эксплуатационного контроля качества электроэнергии	1, стр. 44-66 2, стр. 123-141 10 д, стр. 49-64 ГОСТ 32145-2013

3. БАНК ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

3.1. Индивидуальные задания для самостоятельной работы студентов

Комплект индивидуальных заданий сформирован по темам, приведенным в табл. 2.1, что отражено в нумерации заданий. Ниже приведены примеры индивидуальных заданий.

№ 1.1

В результате эксперимента получены следующие оценки числовых характеристик напряжения в точке передачи электроэнергии: M(U)=400 В; σ(U)=10 В. Закон распределения вероятностей – нормальный.

Сделать вывод о соответствии (несоответствии) требованиям ГОСТ 32144-2013 отклонений напряжения от номинального значения $U_н$=380 В.

№ 1.2

Проверить выполнение требований ГОСТ 32144-2013 на шинах 0,4 кВ при равномерном законе распределения и следующих оценках числовых характеристик: $К_U$=1,6%; $\sigma(К_U)$=0,9%; $К_{U11}$=2,5%; $\sigma(К_{U11})$=2%.

№ 1.3

Проверить выполнение требований ГОСТ 32144-2013 на шинах 10 кВ ГПП, если при нормальном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики:

K_{2U}=2%; $\sigma(K_{2U})$=0,1%;

K_{0U}=0,8%; $\sigma(K_{0U})$=1,6%;

№ 1.4

Проверить выполнение требований ГОСТ 32144-2013 на шинах 10 кВ ГПП, если при равномерном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики: Δ f=0,1 Гц ; $\sigma(\Delta f)$=0,1 Гц.

№ 1.5

Проверить выполнение требований ГОСТ 32144-2013 при подключении к шинам ПГВ напряжением 35 кВ ДСП. При их подключении результаты экспериментальных исследований ПКЭ следующие:

$\overline{K}_U$=2%; σ(K_U)=1%; $\overline{K}_{2U}$=0,5%; σ(K_{2U})=1,5%;

Закон распределения вероятностей этих ПКЭ – нормальный.

№ 1.6

Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013, если при равномерном законе распределения вероятностей:

$\overline{K}_{2U}$=1%; σ(K_{2U})=0,7%;

$\overline{K}_{0U}$=0,8; σ(K_{0U})=1,2%.

№ 1.7

В результате контроля качества электроэнергии на шинах 35 кВ подстанции получены при равномерном законе распределения следующие числовые характеристики:

$\overline{K_U} = 3{,}5\%$, σ(K_U)=1%;

$\overline{K_{2U}} = 1{,}7\%$, σ($K_{2U}$)=0,8%;

Проверить их соответствие требованиям ГОСТ 32144-2013.

№ 1.8

В результате контроля качества электроэнергии в точке передачи электроэнергии получены следующие значения показателей КЭ при нормальном законе распределения:

$\overline{P_S}$ =1,2; σ(P_S)=0,5; $\overline{\delta U_t}$ =4,3%; σ(δU_t)=3% при частоте колебаний 2 мин$^{-1}$.

Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013.

№ 1.9

В результате контроля качества электроэнергии в точке передачи электроэнергии получены следующие значения показателей КЭ при нормальном за-

коне распределения: $\overline{\delta U_y}$ =3,9%; $\sigma(\delta U_y)$=1,5%. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013.

№ 1.10

Проверить выполнение требований ГОСТ 32144-2013 при равномерном законе распределения и следующих оценках числовых характеристик:

$\overline{\Delta f} = 0.15$Гц, $\sigma(\Delta f)$=0,1 Гц.

№ 1.11

Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013. Исходные данные:

$U_{ном}$=10 кВ, U=9,9 кВ, $\sigma(U)$=0,1 кВ, закон распределения – равномерный.

№ 1.12

Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013 на шинах РП-6 кВ при следующих результатах экспериментального исследования:

$$\overline{K_U} = 2\% \qquad D(K_U) = 4\%^2$$

$$\overline{U_5} = 1\% \qquad D(U_5) = 4\%^2$$

$$\overline{U_7} = 1\% \qquad D(U_7) = 9\%^2$$

№ 1.13

Определить соответствие напряжения требованиям ГОСТ 32144-2013, если в результате эксперимента получены следующие числовые характеристики при нормальном законе распределения вероятностей:

$$\overline{U} = 370\text{В} \qquad D(U) = 100\text{В}^2$$

№ 1.14

В результате эксперимента получены следующие оценки числовых характеристик: M(U)=10,2 кВ $\sigma(U)$=0,2 кВ. Закон распределения вероятностей – нормальный. Сделать вывод о соответствии качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013.

№ 1.15

В результате эксперимента получены следующие оценки числовых характеристик: M(U)=9,8 кВ σ(U)=0,4 кВ. Закон распределения вероятностей – равномерный. Оценить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013.

№ 1.16

Проверить выполнение требований ГОСТ 32144-2013 на шинах 10 кВ при равномерном законе распределения и следующих оценках числовых характеристик:

$К_{U3}$=2,4%; $\sigma(К_{U3})$=0,7%;

$К_{U5}$=4%; $\sigma(К_{U5})$=0,4%.

№ 1.17

Проверить выполнение требований ГОСТ 32144-2013 на шинах 10 кВ при нормальном законе распределения и следующих оценках числовых характеристик:

$К_{U7}$=3,1%; $\sigma(К_{U7})$=0,5%;

$К_{U13}$=2,8%; $D(К_{U13})=1\%^2$.

№ 1.18

В результате контроля качества электроэнергии в точке общего присоединения получены следующие значения показателей КЭ при нормальном законе распределения:

$\overline{P_S}$ =1,1; $\sigma(P_S)$=0,3; $\overline{\delta U_t}$ =2,7%; $\sigma(\delta U_t)$=0,5% при частоте колебаний 10 мин$^{-1}$. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013.

№ 1.19

В результате контроля качества электроэнергии в точке передачи электроэнергии получены следующие значения показателей КЭ при равномерном законе распределения:

$\overline{P_S}$ =1; $\sigma(P_S)$=0,2; $\overline{\delta U_t}$ =1,5%; $\sigma(\delta U_t)$=0,1% при частоте колебаний 5 мин$^{-1}$.

Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97.

№ 1.20

В результате контроля качества электроэнергии на шинах 10 кВ получены следующие значения показателей КЭ при нормальном законе распределения: $\overline{\delta U_y}$ =4,1%; $\sigma(\delta U_y)$=0,9%. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013.

№ 1.21

В результате контроля качества электроэнергии на шинах 0,4 кВ получены следующие значения показателей КЭ при равномерном законе распределения: $\overline{\delta U_y}$ =3,5%; $D(\delta U_y)$=1,2%^{2}. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013.

№ 1.22

Проверить выполнение требований ГОСТ 32144-2013 на шинах 10 кВ ГПП, если при равномерном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики: Δf=0,15 %; $\sigma(\Delta f)$=0,11%.

№ 1.23

Проверить выполнение требований ГОСТ 32144-2013 на шинах 10 кВ ГПП, если при равномерном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики: Δf=0,24 %; $D(\Delta f)$=0,09%^{2}.

№ 1.24

Проверить выполнение требований ГОСТ 32144-2013 на шинах 10 кВ ГПП, если при равномерном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики:

K_{U11}=2%; $\sigma(K_{U11})$=1%;

K_U=3%; $\sigma(K_U)$=0,6%.

Индивидуальные задания по второй теме согласно табл. 2.1

Определить отклонение напряжения и обеспечить выполнение требований ГОСТ по качеству электроэнергии. Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные для выполнения индивидуального задания

Номер варианта	Напряжение ИП, кВ	ВЛ от ИП до ПС: сечение/ длина, км	Номинальная мощность СТ на ПС, МВА	Коэффициент загрузки СТ на ПС/ cos φ	КЛ от ПС до ТП1 (КЛ1): сечение/ длина, км	Мощность СТ на ТП1, кВА	Коэффициент загрузки СТ на ТП1/ cos φ	КЛ от ПС до ТП2 (КЛ2): сечение/ длина, км	Мощность СТ на ТП2, кВА	Коэффициент загрузки СТ на ТП2/ cos φ	Линия от ТП1(ТП2) до ЭП (КЛ3): сечение/ длина, км	Мощность ЭП, кВА
1	121	185/25	40	0,65/0.85	3x50/1	1000	0,75/0,8				3x185/0,1	200
2	120	185/20	40	0,62/0.82				3x50/1,3	630	0,64/0,81	3x185/0,2	170
3	119	240/30	63	0,6/0.8	3x70/1	1600	0,7/0,84				3x150/0,07	100
4	117	240/22	63	0,5/0.78				3x70/1,5	1000	0,69/0,83	3x50/0,06	70
5	115	150/17	25	0,71/0.8	3x35/0,8	400	0,72/0,87				3x25/0,1	30
6	110	150/28	25	0,67/0.82				3x50/0,9	630	0,64/0,8	3x95/0,12	120
7	111	95/35	16	0,68/0.68	3x50/1	250	0,75/0,8				3x150/0,06	80
8	118	95/40	16	0,62/0.8				3x70/1,6	1000	0,64/0,84	3x150/0,15	90
9	112	70/25	10	0,7/0.89	3x70/1	2500	0,7/0,87				3x50/0,11	40
10	109	70/20	10	0,72/0.83				3x50/1,3	630	0,66/0,86	3x50/0,25	50
11	38	150/15	40	0,65/0.8	3x70/1,3	630	0,71/0,86				3x150/0,05	120
12	36	150/17	40	0,62/0.82				3x50/1,4	630	0,74/0,85	3x120/0,27	110
13	37	120/13	25	0,74/0.88	3x50/1	400	0,77/0,82				3x25/0,13	35
14	35	120/19	25	0,72/0.84				3x70/1,3	1600	0,6/0,8	3x35/0,28	58
15	32	95/10	16	0,75/0.86	3x95/1,3	2500	0,74/0,82				3x16/0,04	34
16	36	95/12	16	0,72/0.92				3x50/1,8	250	0,77/0,86	3x10/0,07	18
17	37,5	70/11	10	0,75/0.88	3x70/1,3	1000	0,7/0,9				3x25/0,09	60
18	33	70/9	10	0,68/0.8				3x95/2,2	1600	0,76/0,82	3x35/0,14	82
19	34	50/15	6,3	0,73/0.83	3x50/1,9	1600	0,71/0,81				3x10/0,04	12
20	35,8	50/17	6,3	0,68/0.88				3x50/1,4	630	0,74/0,85	3x10/0,17	21

Номер варианта	Напряжение ИП, кВ	ВЛ от ИП до ПС: сечение/ длина, км	Номинальная мощность СТ на ПС, МВА	Коэффициент загрузки СТ на ПС/ cos φ	КЛ от ПС до ТП1 (КЛ1): сечение/ длина, км	Мощность СТ на ТП1, кВА	Коэффициент загрузки СТ на ТП1/ cos φ	КЛ от ПС до ТП2 (КЛ2): сечение/ длина, км	Мощность СТ на ТП2, кВА	Коэффициент загрузки СТ на ТП2/ cos φ	Линия от ТП1(ТП2) до ЭП (КЛ3): сечение/ длина, км	Мощность ЭП, кВА
21	36,4	35/11	4	0,65/0.84	3x70/1,3	630	0,73/0,89				3x25/0,085	63
22	35,6	35/14	4	0,62/0.78				3x50/1,4	630	0,74/0,85	3x120/0,23	180
23	32,2	35/7	2,5	0,65/0.77	3x70/1,3	250	0,8/0,9				3x185/0,3	150
24	33,6	35/8	2,5	0,68/0.86				3x50/1,4	400	0,7/0,95	3x150/0,12	130
25	108	70/25	6,3	0,69/0,91	3x25/1,7	100	0,85/0,88				3x25/0,14	47
26	105	70/20	6,3	0,74/0,89				3x50/1,7	400	0,67/0,86	3x35/0,29	54
27	221	240/75	40	0,65/0.85	3x50/1	1000	0,75/0,8				3x185/0,1	185
28	220	240/80	40	0,62/0.82				3x50/1,3	630	0,64/0,81	3x185/0,2	170
29	219	240/79	63	0,72/0.83	3x95/2,2	2500	0,71/0,84				3x35/0,14	83
30	222	240/72	63	0,59/0.89				3x35/2,3	250	0,7/0,92	3x35/0,21	72
31	125	240/44	80	0,65/0.85	3x70/1	1600	0,71/0,87				3x16/0,11	37
32	123	240/39	80	0,6/0.92				3x150/3	2500	0,64/0,81	3x10/0,09	22
33	224	240/77	80	0,59/0.93	3x120/1	2500	0,7/0,86				3x150/0,1	153
34	228	240/92	80	0,69/0.89				3x50/1,3	630	0,64/0,81	3x185/0,2	170
35	105	70/29	6,3	0,55/0,77	3x25/0,9	160	0,92/0,92				3x150/0,22	190
36	108	70/37	6,3	0,65/0,87				3x70/2,3	1000	0,6/0,9	3x120/0,26	160
37	109	70/22	2,5	0,74/0,92	3x35/0,5	250	0,85/0,91				3x95/0,09	140
38	112	70/13	2,5	0,76/0,86				3x150/2	2500	0,63/0,81	3x70/0,13	100
39	37	70/9	10	0,71/0,84	3x35/0,7	400	0,74/0,83				3x35/0,24	60
40	34	50/18	10	0,64/0,72				3x70/1,8	1000	0,72/0,83	3x16/0,12	20
41	32	95/25	16	0,54/0,83	3x50/0,8	630	0,82/0,9				3x25/0,1	27
42	35	120/19	16	0,66/0,95				3x25/0,9	100	0,9/0,93	3x35/0,3	38
43	107	70/24	25	0,68/0,82	3x70/2,2	1000	0,74/0,84				3x35/0,23	45
44	114	70/36	25	0,61/0,84				3x25/1,9	160	0,85/0,91	3x35/0,15	55
45	111	120/47	32	0,59/0,84	3x70/1,8	1600	0,7/0,9				3x35/0,17	65
46	115	120/27	32	0,65/0,81				3x35/1,4	250	0,82/0,93	3x50/0,16	75

Номер варианта	Напряжение ИП, кВ	ВЛ от ИП до ПС: сечение/ длина, км	Номинальная мощность СТ на ПС, МВА	Коэффициент загрузки СТ на ПС/ cos φ	КЛ от ПС до ТП1 (КЛ1): сечение/ длина, км	Мощность СТ на ТП1, кВА	Коэффициент загрузки СТ на ТП1/ cos φ	КЛ от ПС до ТП2 (КЛ2): сечение/ длина, км	Мощность СТ на ТП2, кВА	Коэффициент загрузки СТ на ТП2/ cos φ	Линия от ТП1(ТП2) до ЭП (КЛ3): сечение/ длина, км	Мощность ЭП, кВА
47	116	150/37	40	0,71/0,93	3x95/1,4	2500	0,6/0,85				3x50/0,18	85
48	109	150/51	40	0,67/0,85				3x95/2,6	1600	0,63/0,84	3x50/0,14	95
49	119	150/33	63	0,71/0,91	3x35/0,8	400	0,65/0,88				3x70/0,19	105
50	120	150/52	63	0,72/0,88				3x35/1,4	400	0,77/0,74	3x70/0,18	115
51	117	185/41	80	0,66/0,87	3x70/1,8	630	0,76/0,91				3x70/0,12	125
52	230	300/77	40	0,57/0,88				3x95/1,2	1600	0,62/0,85	3x70/0,15	135
53	212	300/84	80	0,63/0,83	3x35/2,3	250	0,8/0,95				3x70/0,25	145
54	225	300/69	63	0,7/0,89				3x35/1,8	250	0,87/0,92	3x95/0,33	155

Поясняющая расчетная схема для нечетных вариантов приведена на рис. 1, для четных вариантов – на рис. 2

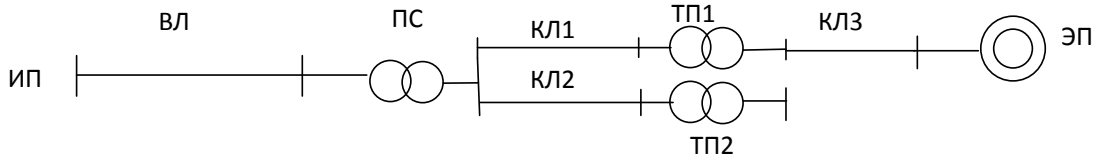


Рис. 1

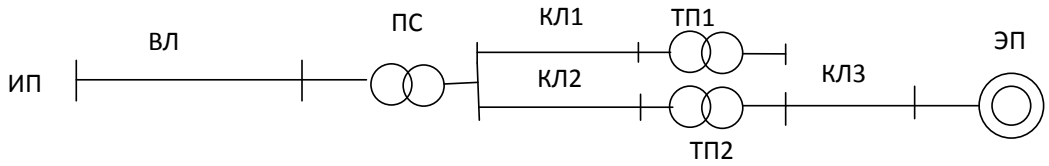
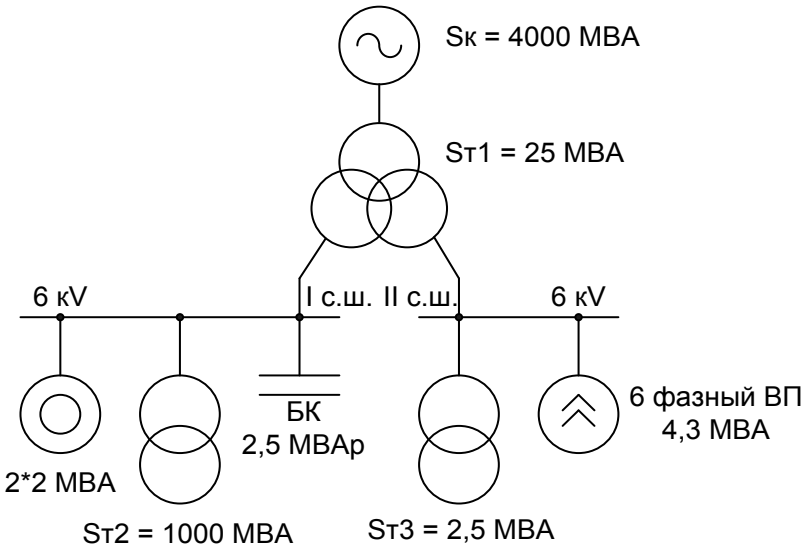


Рис. 2

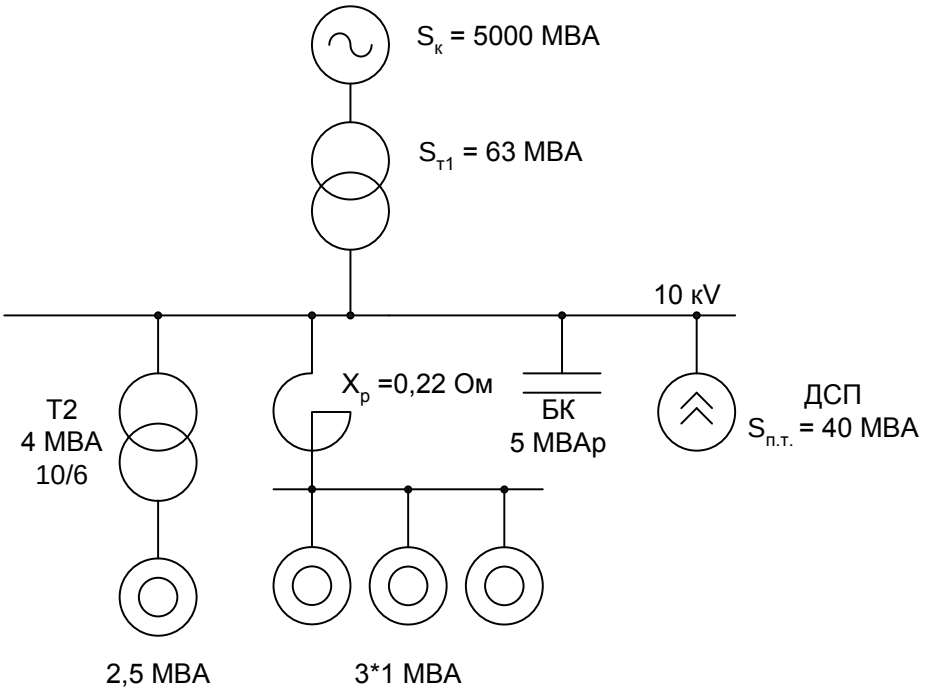
№ 3.1

Определить напряжения гармоник и K_U на I (II) с. ш. 6 кВ при включении и отключении БК. Проверить возможность резонанса и определить резонансную частоту. $U_{ном\ сист.}$=110 кВ.



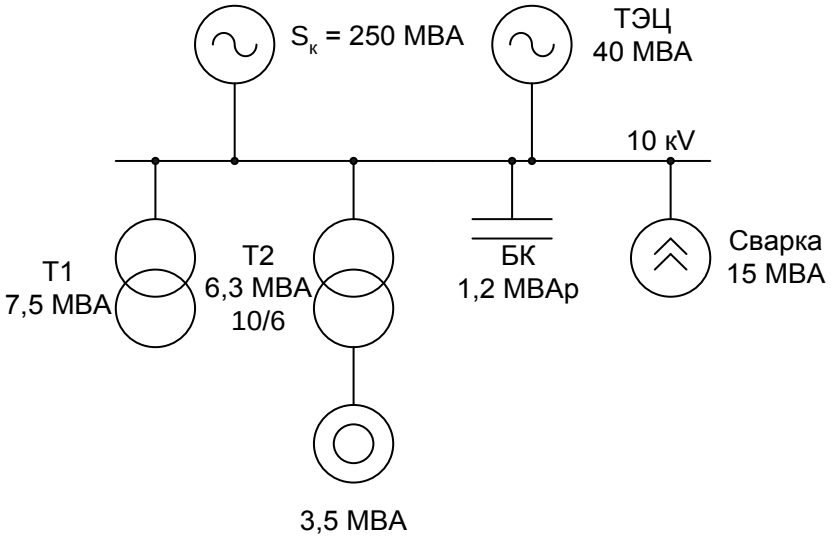
№ 3.2

Определить перегрузку БК по току и напряжению и K_U на шинах 10 кВ (110 кВ). $U_{ном\ сист}$ =110 кВ.



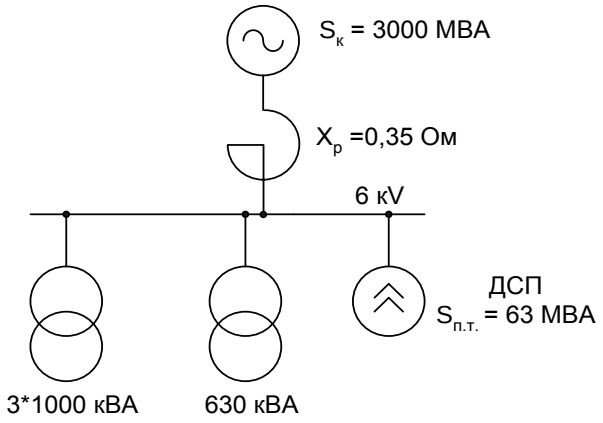
№ 3.3

Определить K_U на шинах 10 кВ при включении и отключении БК, номер гармоники, на которой возможен резонанс. $U_{ном.\ сист.}$ = 110 кВ.



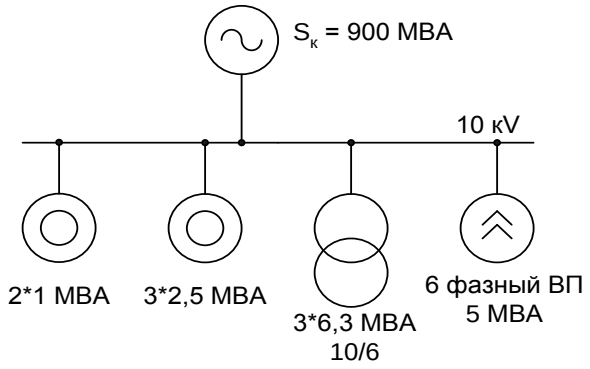
№ 3.4

Определить напряжения гармоник и K_U на шинах 6 кВ. $U_{ном\ сист}$ =220 кВ.



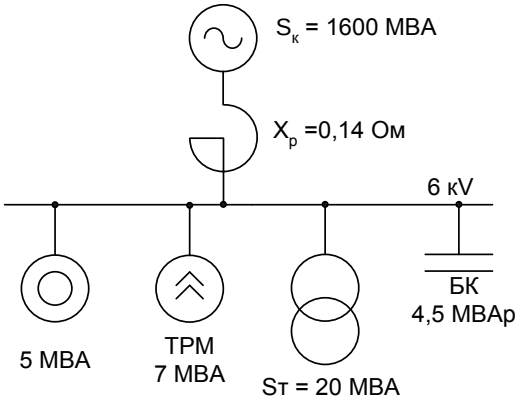
№ 3.5

Определить токи и напряжения ВГ и K_U на шинах 10 кВ. $U_{ном\ сист}$ =35 кВ.



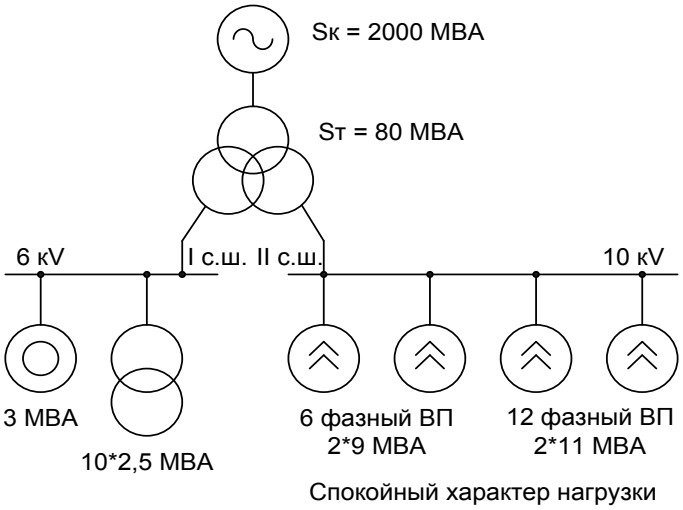
№ 3.6

Определить K_U, перегрузку БК по току и напряжению, номер гармоники на которой возможен резонанс. $U_{ном\ сист}$ =110 кВ.



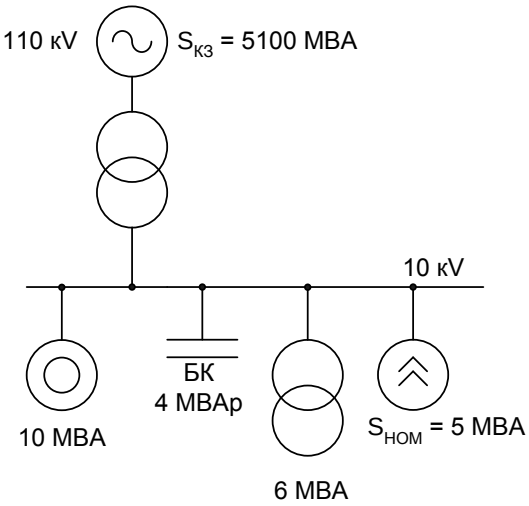
№ 3.7

Определить K_U на шинах 10 кВ (6 кВ, 220 кВ). $U_{ном\ сист}$ = 220 кВ.



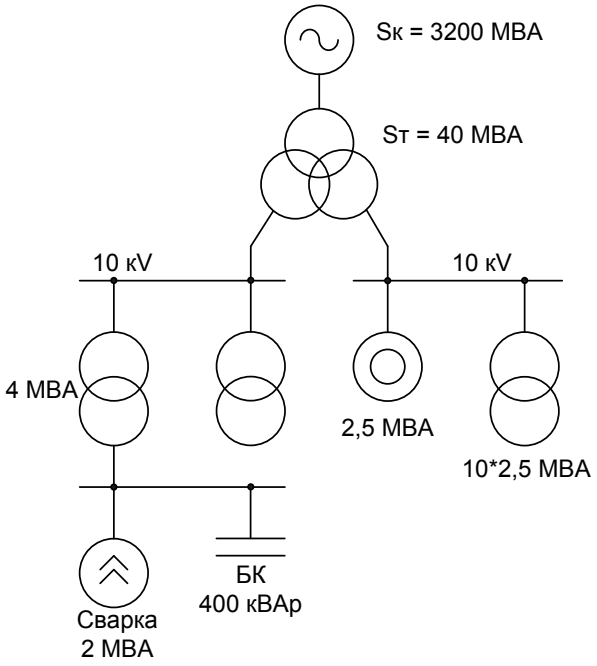
№ 3.8

Определить K_U на шинах 10 кВ (110 кВ) и перегрузку БК.



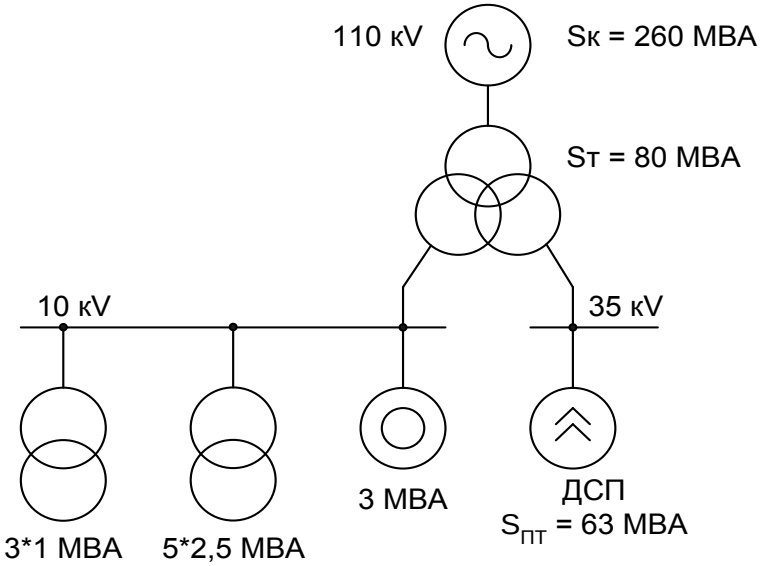
№ 3.9

Определить K_U на шинах 10 кВ, 0,4 кВ, 220 кВ и перегрузку БК. $U_{ном\ сист}$ =220 кВ.



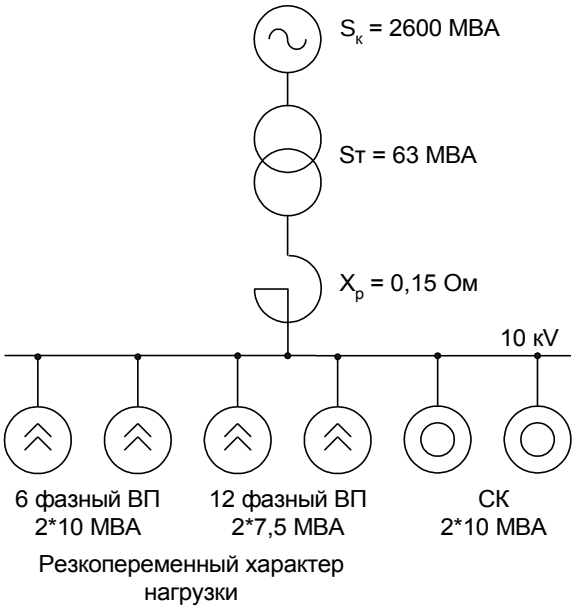
№ 3.10

Определить K_U на шинах 10 кВ (35 кВ, 110 кВ) и перегрузку БК.



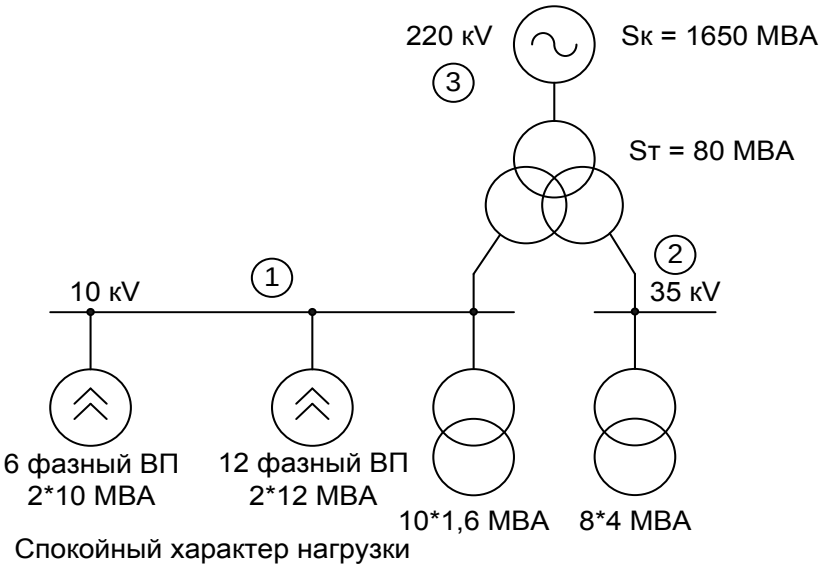
№ 3.11

Определить K_U на шинах 10 кВ (110 кВ). $U_{ном\ сист}$ =110 кВ.



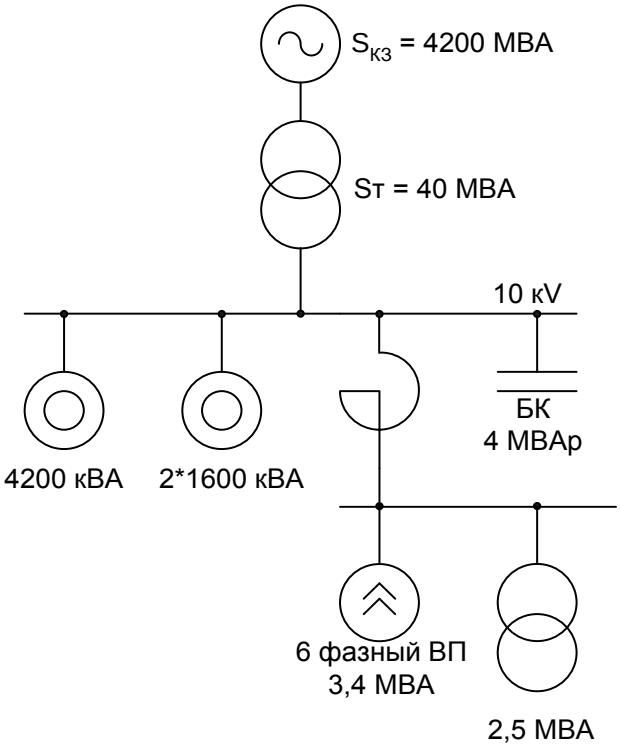
№ 3.12

Определить K_U в точках 1, 2, 3. Характер нагрузки спокойный.



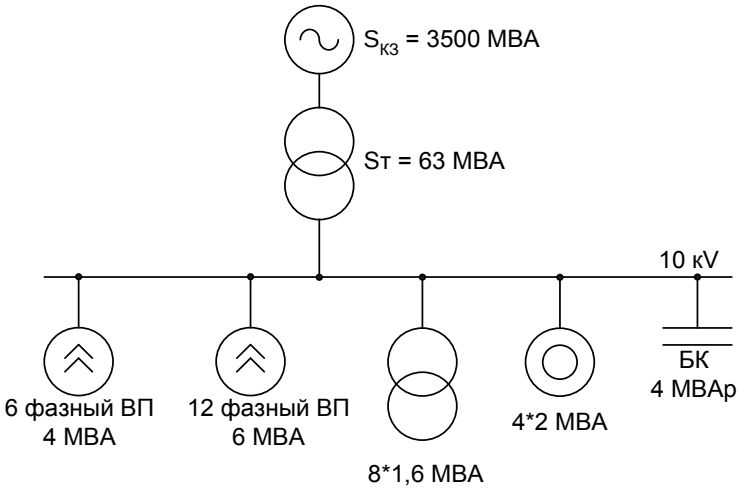
№ 3.13

Определить K_U на шинах 10 кВ (220 кВ) и коэффициент перегрузки БК по напряжению. $U_{ном\ сист}$ =220 кВ.



№ 3.14

Определить K_U на шинах 10 кВ (110 кВ) и перегрузку БК. $U_{ном\ сист}$ =110 кВ.



Индивидуальные задания, относящиеся ко всем темам

Этот вид заданий служит для самопроверки знаний после изучения всего теоретического материала.

Оценить допустимость подключения к сети специфичной нагрузки. Предложить меру по нормализации качества электроэнергии в случае необходимости. Исходные данные приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Исходные данные к индивидуальному заданию

№ варианта	Номинальное напряжение, кВ	Вид специфичной нагрузки	Мощность специфичной нагрузки, МВА	Мощность КЗ, МВА
1	10	Вентильный преобразователь	6	200
2	0,4	Сварка	1	9
3	220	Тяга переменного тока	32	1800
4	110	ДСП	80	3700
5	35	ДСП	25	1200
6	10	ДСП	12	300
7	6	Сварка	6	250
8	10	Прокатный стан	52	300
9	110	Прокатный стан	52	1000
10	220	Прокатный стан	52	2000
11	10	ЭШП	2х5	280
12	6	ЭШП	2х5	168
13	110	ДСП	2х6,3	3200
14	35	ДСП	2х6,3	1100
15	10	ДСП	2х6,3	260
16	6	ДСП	2х6,3	156
17	10	Тиристорные преобразователи	10	250
18	6	Тиристорные преобразователи	16	220
19	0,4	Печи сопротивления	0,45	7
20	10	Сварка	12	330
21	110	Сварка	12	3000
22	10	РТП	18	270
23	110	РТП	18	2500
24	10	Вентильный преобразователь	11	290
25	0,4	Сварка	0,7	7
26	220	Тяга переменного тока	44	1700
27	110	ДСП	120	3500
28	35	ДСП	33	1700
29	10	ДСП	24	380
30	6	Сварка	8	280
31	10	Прокатный стан	67	400
32	110	Прокатный стан	67	3000
33	220	Прокатный стан	67	5000
34	10	ЭШП	2х6,3	380
35	6	ЭШП	2х6,3	268
36	110	ДСП	4х6,3	2600
37	35	ДСП	4х6,3	1500
38	10	ДСП	4х6,3	360
39	6	ДСП	4х6,3	256

№ варианта	Номинальное напряжение, кВ	Вид специфичной нагрузки	Мощность специфичной нагрузки, МВА	Мощность КЗ, МВА
40	10	Тиристорные преобразователи	16	350
41	6	Тиристорные преобразователи	11	250
42	0,4	Печи сопротивления однофазные	0,56	3,3
43	10	Сварка	8	245
44	110	Сварка	14	2510
45	10	РТП	13	310
46	0,4	ЭВУ	0,4	6,3
47	6	Тиристорные преобразователи	7,4	210
48	10	Частотно-регулируемый привод	2,4	399
49	35	ДСП	16	1230
50	110	РТП	12,25	2111
51	220	Тяга переменного тока	33,2	4260
52	0,4	ЭВУ	1,8	267
53	10	Тиристорные регуляторы мощности печей	12,7	421
54	110	Гидролиз	235	2356

Принятые в таблице 3.2 сокращения:

ЭВУ – электронные выпрямительные устройства

РТП – рудно-термические печи

ДСП – дуговые сталеплавильные печи

ЭШП – электрошлаковые печи

Пример задания на контрольную работу

Вариант № 1

В городской электрической сети 10 кВ для обеспечения требуемого уровня напряжения согласно ГОСТ 32144-2013 отпаек РПН на силовом трансформаторе в ЦП не хватает. Как обеспечить требуемый ПКЭ? Как построить закон регулирования в этом случае? Где и когда необходимо контролировать соответствующий ПКЭ? Организация, отвечающая за этот ПКЭ. Как обеспечить закон встречного регулирования?

Примеры тестового задания

Выбрать все правильные ответы или дополнить ответ.

1. **Отклонение напряжения – это**:

а) медленные изменения его значений относительно номинального значения.

б) быстрые изменения его значений относительно номинального значения.

в) медленные изменения его значений относительно друг друга.

2. **Источники несимметрии напряжений и токов – это**:

а) сварка;

б) любая нелинейная нагрузка;

в) ДСП;

г) мощные магнитные усилители

3**. Колебание напряжения негативно влияет на _____**

4**. На частоту вращения асинхронного двигателя влияет**:

а) отклонение напряжения;

б) несинусоидальность напряжения;

в) электромагнитные помехи.

5. **Выбрать действующий в РФ стандарт на качество электроэнергии**

а) ГОСТ 13109-97

б) ГОСТ 32144-2013

в) ГОСТ 32134-2013

6. **Нормы качества электроэнергии в соответствии с действующим ГОСТ отнесены**

а) к точкам общего присоединения

б) к точкам передачи электроэнергии

в) к границам балансовой принадлежности

7. **К характеристикам электроэнергии относятся**:

а) продолжительные изменения характеристик напряжения и случайные события;

б) быстрые и медленные изменения характеристик напряжения;

в) показатели качества электроэнергии.

8. **Расчетный интервал времени измерений показателей КЭ для оценки соответствия их требованиям действующего ГОСТ составляет**:

а) 24 часа;

б) неделя;

в) квартал.

9. **Импульсное напряжение – это**:

а) среднеквадратическое значение напряжения в системе электроснабжения;

б) временное уменьшение или увеличение напряжения в конкретной точке электрической системы относительно установленного порогового значения

в) перенапряжение, представляющее собой одиночный импульс или колебательный процесс, длительностью до нескольких мс.

10. **Длительность провала напряжения может составлять**:

а) от 10 мс до 1 мин.;

б) от 10 мкс до 10 мс;

в) от 30 мкс до 30 мс.

3.2. Вопросы для самопроверки

Контрольные вопросы к зачету

1. Понятие качества электроэнергии. Сущность проблемы качества электроэнергии.
2. Стандартизация в области качества электроэнергии.

   Основные определения качества электроэнергии по ГОСТ 32144-2013 и ГОСТ 32145-2013.
3. Нормирование отклонений и колебаний напряжения.
4. Нормирование несинусоидальности и несимметрии напряжения.
5. Нормирование электромагнитных помех.

6. Правовое и методическое обеспечение проблемы качества электроэнергии.
7. Влияние отклонений напряжения на работу электрических сетей и электроприемников, технологических процессов.
8. Влияние колебаний напряжения на работу силовых элементов и автоматических устройств, технологических установок.
9. Влияние несинусоидальности напряжения на работу электрических сетей, электроприемников, технологических устройств.
10. Влияние несимметрии напряжения на работу электрических сетей, электроприемников, технологических устройств.
11. Влияние электромагнитных помех (случайных событий) на объекты систем электроэнергетики.
12. Источники искажения качества электроэнергии и их характеристика.
13. Определение ущербов от некачественной электроэнергии.
14. Контроль качества электроэнергии.
15. Выбор пунктов контроля КЭ и контролируемых ПКЭ.
16. Средства и системы контроля КЭ.
17. Обработка результатов измерения ПКЭ, погрешности оценки их значений.
18. Оценка соответствия качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013.
19. Определение виновников ухудшения качества электроэнергии и неустоек за искажение качества электроэнергии.
20. Расчет отклонений напряжения.
21. Расчет колебаний напряжения в сетях с ДСП.
22. Расчет колебаний напряжения в сетях со сварочной нагрузкой.
23. Расчет колебаний напряжения в сетях с прокатными станами.
24. Расчет колебаний напряжения в сетях с тягой переменного тока.
25. Определение дозы фликера.
26. Метод определения несинусоидальности напряжения.
27. Высшие гармоники, генерируемые различными источниками искажения качества электроэнергии. Эквивалентирование токов высших гармоник.

28. Оценка сопротивлений элементов току высших гармоник.
29. Определение коэффициентов искажения синусоидальности напряжения и n-ой гармонической составляющей напряжения в различных токах сети. Резонансные явления.
30. Метод определения несимметрии напряжения по обратной последовательности.
31. Расчет тока обратной последовательности при однофазной и двухфазной несимметрии.
32. Определение сопротивлений обратной последовательности элементов сети.
33. Определение коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности в различных точках сети.
34. Средства улучшения отклонений напряжения и их характеристика.
35. Встречное регулирование. Построение закона регулирования напряжения.
36. Централизованное регулирование напряжения.
37. Местное регулирование напряжения и алгоритмы определения добавок напряжения.
38. Схемные решения по снижению несинусоидальности напряжения.
39. Технические средства для снижения несинусоидальности напряжения. Их схемы.
40. Выбор силовых резонансных фильтров.
41. Выбор фильтросимметрирующих устройств.
42. Выбор ненастроенных фильтров.
43. Активные и гибридные фильтры, комбинированные фильтры высших гармоник
44. Схемные решения по снижению несимметрии в сети.
45. Виды симметрирующих устройств и их анализ.
46. Выбор параметров симметрирующих устройств.
47. Схемные решения по снижению колебаний напряжения.
48. Технические средства по снижению колебаний напряжения и их выбор.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студентов в период обучения.

Рассмотрены следующие виды выполнения самостоятельной работы:

– постановка задания по работе с теоретическим разделом;

– обсуждение результатов работы по теоретическому курсу, выносимому на самостоятельную проработку;

– постановка задания по выполнению индивидуального практического и домашнего задания;

– обсуждение и анализ результатов выполнения индивидуального задания, расчетно-графической работы;

– подготовка к выполнению лабораторной работе и защите отчета по ней, контрольной работе, подготовка к экзамену.

Методические указания направлены на организацию самостоятельной работе студентов, таким образом, чтобы обеспечить качественное усвоение материала дисциплины, научить студентов практическим приемам оценки соответствия качества электроэнергии ГОСТам по качеству электроэнергии, методам расчета ПКЭ и способам и средствам их нормализации.

В методических указаниях представлены структура, задания и методика реализации всех видов самостоятельной работы в соответствии с рабочей программой дисциплины, что поможет студентам лучше освоить материал дисциплины и получить профессиональные навыки по его применению к реальным объектам электроэнергетической системы, электрических сетей и систем электроснабжения.

Приведенные индивидуальные задания направлены на развитие практических навыков по оценке показателей качества электроэнергии, по выбору схемных решений и технических средств, направленных на его улучшение электроэнергетике, которые позволят снизить до минимума ущербы от пониженного качества электроэнергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

а) основная литература:

1. Савина Н. В. Качество электрической энергии в электрических сетях [Текст] : учеб. пособие / Н. В. Савина – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 167 с.
2. Управление качеством электроэнергии [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО / И. И. Карташев, В. Н. Тульский, Р. Г. Шамонов ; под ред. Ю. В. Шарова. – М.: Изд-ий дом МЭИ, 2008. - 355 с.
3. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий [Текст] / И. В. Жежеленко – М.: Энергоатомиздат, 2010. - 375 с.

б) дополнительная литература:

1. Суднова В.В. Качество электрической энергии [Текст] / В.В. Суднова – М.: Энергосервис, 2000. – 86 с.
2. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях [Текст] / Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. – М.: Энергоатомиздат. 2000. – 252 с. Режим доступа: http://www.twirpx.com/
3. Иванов В.С. Режимы потребления и качество электроэнергии в системах электроснабжения промпредприятий [Текст] / В. С. Иванов, В. И. Соколов. - М.: Энергоатомиздат. 1987. – 337 с.
4. Качество электроэнергии : учеб.-метод. комплекс для спец. 140204, 140205, 140203/ АмГУ, Эн.ф.; сост. Н. В. Савина. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2012. -143 с.
5. Мясоедов Ю.В. Повышение качества электроэнергии и компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения : [моногр.]/ Ю. В. Мясоедов; АмГУ, Эн.ф.. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. -212 с.
6. Электротехнический справочник [Текст] : В 4 т. / Под общ. ред. В.Г. Герасимов, Под общ. ред. А.Ф. Дьяков, Под общ. ред. Н.Ф. Ильинский, Гл. ред. А.И. Попов. Т. 3 : Производство, передача и распределение электрической энергии : справочное издание. – М.: Изд-ий дом МЭИ. - 2002. - 964 с.

7. Савина Н.В. Применение теории вероятностей и методов оптимизации в системах электроснабжения : [Текст]/ Н.В. Савина.– Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2007. – 271 с.
8. Управление качеством [Текст] : учеб.: рек. Мин. обр. РФ / О. В. Аристов. - М. : Инфра-М, 2007, 2009, 2010. - 240 с.
9. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций напряжением 35-750 кВ. Типовые решения, Энергосетьпроект, 2006 г.
10. Электромагнитная совместимость потребителей [Текст] : монгр./ И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк и др. – М.: Машиностроение, 2012. – 351 с.
11. ГОСТ 32144-2013; ГОСТ 32145-2013.

в) периодические издания (журналы):

1. Электричество;
2. Известия РАН. Энергетика;
3. Электрические станции;
4. Энергетик;
5. Электрика;
6. Вестник МЭИ;
7. Промышленная энергетика;
8. Энергетика. Сводный том;
9. Вестник ИГЭУ;
10. Вестник ИрГТУ;
11. IEEE Transaction on Power Systems;
12. International Journal of Electrical Power & Energy Systems.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
2	Консультант +	Справочно-правовая система. Содержит законодательную базу, нормативно-правовое обеспечение, статьи.
3	http://www.twirpx.com/files/tek/	Twirpx.com - это служба, обеспечивающая с помощью веб-интерфейса, расположенного только по адресу http://www.twirpx.com, и специализированного аппаратно-программного обеспечения хранение, накопление, передачу и обработку материалов Пользователей, представленной в электронном виде в публичный доступ. Интернет-библиотека, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания
5	www.elibrary.ru	Агрегатор научных публикаций. Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций.
6	www.books.google.ru	Поиск книг Google. Поиск по всему тексту примерно семи миллионов книг: учебная, научная, справочники и другие виды книг.
7	http://rucont.ru/	ЭБС «Национальный цифровой ресурс: Руконт»
8	http://www.biblioclub.ru/	ЭБС Университетская – online, Издательская коллекция «ЮРАЙТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Савина Наталья Викторовна,
зав. кафедрой энергетики АмГУ, доктор техн. наук, профессор

Качество электроэнергии. Методические указания для самостоятельной работы.

Издательство АмГУ. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 2,7. Заказ 601