

**Приложение 1 к РПД Техника высоких напряжений  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Направленность (профиль) – Высоковольтные  
электроэнергетика и электротехника  
Форма обучения – заочная  
Год набора - 2016**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ  
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1.	Кафедра	Физики, биологии и инженерных технологий
2.	Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
3.	Направленность (профиль)	Высоковольтные электроэнергетика и электротехника
4.	Дисциплина (модуль)	Техника высоких напряжений
5.	Форма обучения	заочная
6.	Год набора	2016

**1. Методические рекомендации.**

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и лабораторные / семинарские занятия.

**1.1. Методические рекомендации по организации работы студентов во время проведения лекционных занятий.**

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции, где от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая студенту понять глубинные процессы развития изучаемого предмета как в истории, так и в настоящее время.

Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа

или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

## **1.2. Методические рекомендации по подготовке к семинарским (практическим занятиям)**

Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Семинарские занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

Семинар предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения студентов. Обсуждение сообщения совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам семинара, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим студентам. В целях контроля

подготовленности студентов и привития им навыков краткого письменного изложения своих мыслей преподаватель в ходе семинарских занятий может осуществлять текущий контроль знаний в виде тестовых заданий.

При подготовке к семинару студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем студенты вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

### **1.3. Методические рекомендации по работе с литературой.**

Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения.

В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет.

Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого студент знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано

указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информация может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
- фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;
- готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;
- работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
- пользоваться реферативными и справочными материалами;
- контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;
- обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим студентам.
- пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорами в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);
- использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, словоописания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»;
- повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;
- обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);
- использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

#### **1.4. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена**

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, обучающийся ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене обучающийся демонстрирует то, что он приобрел в процессе изучения дисциплины.

В условиях применяемой в МАГУ балльно-рейтинговой системы подготовка к экзамену включает в себя самостоятельную и аудиторную работу обучающегося в течение всего периода изучения дисциплины и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену по разделам и темам дисциплины.

При подготовке к экзамену обучающимся целесообразно использовать не только материалы лекций, а и рекомендованные преподавателем основную и дополнительную литературу.

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

#### **1.5. Методические рекомендации по подготовке доклада**

Алгоритм создания доклада:

1 этап – определение темы доклада

- 2 этап – определение цели доклада
- 3 этап – подробное раскрытие информации
- 4 этап – формулирование основных тезисов и выводов.

### **1.6. Методические рекомендации по составлению глоссария**

1. Внимательно прочитайте и ознакомьтесь с текстом. Вы встретите в нем много различных терминов, которые имеются по данной теме.

2. После того, как вы определили наиболее часто встречающиеся термины, вы должны составить из них список. Слова в этом списке должны быть расположены в строго алфавитном порядке, так как глоссарий представляет собой не что иное, как словарь специализированных терминов.

3. После этого начинается работа по составлению статей глоссария. Статья глоссария - это определение термина. Она состоит из двух частей: 1. точная формулировка термина в именительном падеже; 2. содержательная часть, объемно раскрывающая смысл данного термина.

При составлении глоссария важно придерживаться следующих правил:

- стремитесь к максимальной точности и достоверности информации;
- старайтесь указывать корректные научные термины и избегать всякого рода жаргонизмов. В случае употребления такового, давайте ему краткое и понятное пояснение;
- излагая несколько точек зрения в статье по поводу спорного вопроса, не принимайте ни одну из указанных позиций. Глоссарий - это всего лишь констатация имеющихся фактов;
- также не забывайте приводить в пример контекст, в котором может употребляться данный термин;
- при желании в глоссарий можно включить не только отдельные слова и термины, но и целые фразы.

### **1.7 Рекомендации по составлению опорного конспекта**

Опорный конспект – это развернутый план ответа на теоретический вопрос. Правильно составленный опорный конспект должен содержать все то, что в процессе ответа будет устно обозначено. Это могут быть схемы, графики, таблицы.

Основные требования к содержанию опорного конспекта: полнота (в нем должно быть отражено все содержание вопроса) и логически обоснованная последовательность изложения.

*Основные требования к форме записи опорного конспекта:*

1) Лаконичность.

Опорный конспект должен быть минимальным, чтобы его можно было воспроизвести за 6 – 8 минут. По объему он должен составлять примерно один полный лист.

2) Структурность.

Весь материал должен располагаться малыми логическими блоками, т.е. должен содержать несколько отдельных пунктов, обозначенных номерами или строчными пробелами.

3) Акцентирование.

Для лучшего запоминания основного смысла опорного конспекта, главную идею выделяют рамками различных цветов, различным шрифтом, различным расположением слов (по вертикали, по диагонали).

4) Унификация.

При составлении опорного конспекта используются определённые аббревиатуры и условные знаки, часто повторяющиеся в курсе данного предмета.

5) Автономия.

Каждый малый блок (абзац), наряду с логической связью с остальными, должен выражать законченную мысль, должен быть аккуратно оформлен (иметь привлекательный вид).

6) Оригинальность.

Опорный конспект должен быть оригинален по форме, структуре, графическому исполнению, благодаря чему, он лучше сохраняется в памяти. Он должен быть наглядным и понятным.

7) Взаимосвязь.

Текст опорного конспекта должен быть взаимосвязан с текстом учебника, что также влияет на усвоение материала.

*Примерный порядок составления опорного конспекта*

- 1) Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.
- 2) Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.
- 3) Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.
- 4) Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.
- 5) Составление опорного конспекта.

### **Содержание самостоятельной работы студентов**

Работа студента над курсом «Техника высоких напряжений» складывается из самостоятельного изучения разделов и тем курса по учебникам и учебным пособиям с последующей самопроверкой и решением типовых задач, индивидуальных консультаций (очных и письменных), выполнения лабораторных работ, посещения лекций, сдачи зачета по лабораторным работам, сдачи экзамена по всему курсу.

Для освоения материала курса необходимо иметь соответствующую математическую подготовку, так как, например, в разделах, посвященных грозовым и внутренним перенапряжениям, широко используются дифференциальное и интегральное исчисление, комплексные числа. Для глубокого освоения курса нужно знать математический анализ, элементы аналитической геометрии и высшей алгебры, операционное исчисление. Для успешного усвоения курса большое значение имеет хорошая подготовка по физике. При изучении внешней изоляции электроустановок необходимо знать физику электрического разряда в газах, при изучении внутренней изоляции – теории пробоя жидких и твердых диэлектриков, электрофизические характеристики изоляционных материалов.

Подготовка по теоретическим основам электротехники, необходимая для изучения грозовых и внутренних перенапряжений, предполагает знания теоретических основ электрических цепей, законов распространения импульсных волн по длинным линиям электропередачи, резонансных и феррорезонансных явлений в электроустановках, а также умения составлять и анализировать электрические схемы электрических сетей и систем.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

1. подготовки к контрольным работам;
2. подготовки к практическим и лабораторным занятиям;
3. выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
4. написание рефератов по темам дисциплины.

### ***Консультации***

При возникновении затруднений при изучении теоретической части курса, ответов на вопросы для самопроверки или решении задач следует обращаться за письменной или устной консультацией к преподавателю. При этом необходимо точно указать вопрос, вызывающий затруднение, и место в учебнике, где он разбирается.

### ***Лабораторные занятия***

Для более глубокого изучения дисциплины, включающей в себя большой эмпирический материал, необходимо на соответствующих занятиях выполнить лабораторные работы. Лабораторные занятия включают в себя:

- инструктаж по работе в лаборатории техники высоких напряжений, в том числе по технике безопасности;
- проверку знаний основных положений темы, по которой проводится лабораторная работа, оценку подготовленности студентов к проведению лабораторных работ;
- проведение экспериментов на лабораторных установках.

Обработку результатов эксперимента, их анализ и оформление отчетов по лабораторным работам студенты выполняют самостоятельно.

Перед началом каждой лабораторной работы в лаборатории техники высоких напряжений студент проходит инструктаж по технике безопасности и расписывается об этом в специальном журнале.

Все лабораторные занятия проводятся в соответствии с методическими указаниями имеющимися на кафедре.

### *Лекции*

В период обучения студентам читаются лекции, на которых дается обзор наиболее важных тем и разделов курса, рассматриваются современные научно-технические проблемы, относящиеся к дисциплине «Техника высоких напряжений», а также вопросы, недостаточно полно или точно освещенные в учебной литературе или вызывающие затруднения у большого числа студентов.

## **Планы практических занятий**

### **Тема 1,2. Основные положения курса. Высоковольтная изоляция.**

Основные направления и задачи ТВН в энергетике, электротехнологии, физике. Общая характеристика содержания курса ТВН. Основные промышленные и научно-технические центры развития ТВН в России и за границей. Работы ученых в области ТВН. Основные проблемы развития электроэнергетики. Влияние энергосистем СВН и УВН на окружающую среду. Внешняя изоляция. Изоляция высоковольтных ЛЭП. Роль газовых диэлектриков в изоляции электрических установок и аппаратов высокого напряжения. Общая характеристика газового разряда. Способы повышения разрядных напряжений в практических конструкциях (применение экранов, ребер, выравнивание распределения напряжения при помощи полупроводящих покрытий). Внутренняя изоляция. Требования, предъявляемые к изоляции, условия ее работы в электрических аппаратах и конструкциях

*Литература:* [3-12-46].

### **Вопросы для самопроверки**

1. Почему для передачи электроэнергии на большие расстояния используют высокие напряжения?
2. Что называют внешней изоляцией электроустановок?
3. Что относится к внутренней изоляции электроустановок?
4. Как происходит старение внутренней изоляции?
5. Какие существуют воздействия на изоляцию электроустановок?
6. Что является источником внутренних перенапряжений в электрических системах?
7. Что является причиной возникновения грозových перенапряжений?
8. Как влияет на уровень перенапряжений режим заземления нейтрали электрической сети?
9. Почему необходимо ограничивать воздействующие на изоляцию электроустановок перенапряжения?

**Тема 3. Изоляционные конструкции оборудования высокого напряжения.** Классификация видов изоляции энергетических систем и краткая их характеристика. Изоляция конденсаторов, трансформаторов, вращающихся машин и кабелей. Задачи и цели профилактики изоляции. Явления в многослойных диэлектриках и физические основы методов профилактики. Методы контроля изоляции и профилактических испытаний. Аппаратура, используемая при профилактических испытаниях. Профилактика изоляции высоковольтных конструкций.

*Литература:* [3-47-69].

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Покажите зависимость максимальной величины грозовых перенапряжений на оборудовании подстанций от крутизны набегающих грозовых волн (для случая, когда разрядник установлен до защищаемого оборудования по ходу набегающей волны и после него).
2. В чем состоит роль защитного подхода к подстанции?
3. С какой целью подход ЛЭП к подстанции на расстоянии 1 - 2 км защищается от прямых ударов молнии с повышенной надежностью?
4. По каким показателям оценивается грозоупорность подстанции? Какие факторы влияют на грозоупорность подстанции?
5. Показать на схеме типовой двухтрансформаторной подстанции 110/6 кВ, как осуществляется защита ОРУ от волн грозовых перенапряжений, набегающих с подходящих линий.
6. Как осуществляется защита трансформаторов и автотрансформаторов от грозовых перенапряжений?
7. Как защищаются вращающиеся электрические машины от волн грозовых перенапряжений?

**Тема 4. Молниезащита и грозовые перенапряжения.** Грозозащита линий электропередачи. Разряд молнии. Физика индуктированных перенапряжений и перенапряжений прямого удара молнии. Параметры молнии. Молниеотводы и их зоны защиты. Определение числа грозовых отключений линии. Грозозащита подстанций от ПУМ и проходящих волн. Определение напряжения на вентильном разряднике при набегании волны с ЛЭП. Допустимое расстояние между трансформатором и разрядником. Предельные параметры волн, набегающих на подстанцию. Выбор длины грозозащитного подхода. Типовая схема грозозащиты подстанции от набегающих волн.

*Литература:* [3-70-99].

#### **Вопросы для самопроверки**

8. Каковы основные параметры молнии?
9. Назовите способы защиты ОРУ от прямых ударов молнии.
10. Как определяется зона поражаемости подстанции прямыми ударами молнии?
11. Виды молниеотводов и их зоны поражаемости и зоны защиты.
12. Способы защиты от прямых ударов молнии линий электропередачи различных номинальных напряжений.
13. Как осуществляется защита от прямых ударов молнии ЛЭП с номинальным напряжением, равным 35 кВ, на железобетонных опорах?
14. Как объяснить то, что с ростом номинальных напряжений растет грозоупорность воздушных ЛЭП?
15. От каких факторов зависит импульсное сопротивление заземляющего устройства подстанции?
16. По каким показателям оценивается грозоупорность подстанции?



**Тема 5. Внутренние перенапряжения.** Классификация перенапряжений. Общая характеристика внешних и внутренних перенапряжений, их кратность, длительность. Внутренние перенапряжения:

перенапряжения при отключении ненагруженных линий и емкостей; перенапряжения при отключении индуктивностей и ненагруженных трансформаторов; перенапряжения при несимметричных к.з.; феррорезонанс; перенапряжения в системах с изолированной нейтралью. Перенапряжения при перемежающихся дугах. Дугогасящие аппараты, смещение нейтрали. Заземление нейтралей электрических систем. Виды заземления нейтрали.

*Литература:* [3-100-139].

### **Вопросы для самопроверки**

- Почему повышается напряжение в конце разомкнутой длинной линии?
- Чему равен коэффициент изменения фазы ?
- По какой формуле определяется величина постоянной распространения в длинных линиях?
- Что называется коэффициентом передачи линии?
- В каких случаях линию можно в расчетной схеме заменить емкостью?
- Чему равно входное сопротивление разомкнутой линии?
- По какой формуле определяется напряжение в начале длинной линии, если внутреннее сопротивление источника  $X''$  ?
- Как выглядят зависимости напряжений в начале и в конце разомкнутой линии от длины этой линии без учета внутреннего сопротивления источника и без учета короны? С учетом короны и без учета внутреннего сопротивления источника? С учетом короны и с учетом внутреннего сопротивления источника?
- В каких случаях на линиях подключаются реакторы поперечной компенсации?
- Каковы условия возникновения феррорезонансных перенапряжений в электропередачах?
- Чем опасны феррорезонансные перенапряжения для изоляции электрооборудования?
- Показать реальные схемы, в которых возможно возникновение феррорезонансных перенапряжений.
- Какими способами можно ограничить феррорезонансные перенапряжения?
- Каковы величина и длительность перенапряжений, возникающих при включении разомкнутой линии?
- Какими факторами в основном определяется максимальное напряжение в конце линии при включении разомкнутой линии?
- Ударный коэффициент как характеристика коммутационных перенапряжений.
- Как в общем виде записывается выражение, характеризующее перенапряжения при автоматическом повторном включении (АПВ)?
- В каком случае больше максимальное значение перенапряжений – при успешном или неуспешном АПВ?
- Что является основной причиной возникновения перенапряжений в электрической сети при отключении сосредоточенной емкости (батареи конденсаторов)?
- Какими особенностями обладает физический процесс при отключении ненагруженных линий по сравнению с отключением батареи конденсаторов?
- Какие характеристики выключателей влияют на возможность возникновения и уровень перенапряжений при отключении ненагруженной линии электропередачи?
- Что является причиной возникновения перенапряжений при отключении от шин высокого напряжения ненагруженного трансформатора?
- От каких факторов зависит максимальное напряжение на отключенном ненагруженном трансформаторе?

- Каким образом можно ограничить уровень перенапряжений, возникающих при отключении ненагруженных трансформаторов?
- От каких факторов зависит возможность возникновения дуговых перенапряжений (при перемежающихся замыканиях на землю)?
- Назовите схемные мероприятия и средства ограничения установившихся перенапряжений.
- Каким образом вынос электромагнитных трансформаторов напряжения на линию приводит к ограничению вероятности повторных зажигания при отключении ненагруженных линий?
- Каковы принципы построения защиты от коммутационных перенапряжений?
- Какие существуют способы защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений?
- В каких случаях для ограничения внутренних перенапряжений нельзя использовать вентильные разрядники и нелинейные ограничители перенапряжений?
- Каким образом выключатели двухступенчатого действия с шунтирующими резисторами ограничивают коммутационные перенапряжения?

**Тема 6. Координация изоляции.** Проблема координации изоляции. Приведение изоляции к «норме». Защитные разрядники. Типы разрядников, их назначение и основные требования к ним. Принципы защиты. Искровой защитный промежуток, принцип действия, конструкция, достоинства и недостатки. Трубочатые разрядники. Принцип действия, устройство. Достоинства и недостатки. Пределы отключаемых токов. Вентильные разрядники. Принцип действия. Конструкции. Характеристики искровых промежутков и рабочих сопротивлений. Вентильные разрядники с магнитным гашением дуги. Принцип действия и параметры. Высоконелинейные окисноцинковые ограничители перенапряжений. Принцип действия и конструкция. Условия работы.

*Литература:* [3-140-179].

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Каковы параметры стандартного грозового импульса?
2. Как определяется расчетное значение грозовых перенапряжений?
3. Каков принцип действия генераторов импульсных напряжений?
4. Какова принципиальная схема генератора импульсных напряжений?
5. В каких случаях применяется и в чем заключается метод испытания изоляции грозовыми импульсами?
6. Какие установлены испытательные напряжения коммутационных импульсов?
7. С какой целью установлены и как определяются испытательные напряжения промышленной частоты?
8. Каковы особенности испытательных трансформаторов по сравнению с силовыми?
9. Для каких целей применяется каскадное включение испытательных трансформаторов?
10. Как осуществляется генерирование коммутационных импульсов?

**Тема 7. Методы испытаний и диагностики изоляции.** Высоковольтное испытательное оборудование и измерения. Методы получения высоких постоянных и переменных напряжений их краткая характеристика. Испытательные трансформаторы. Генераторы импульсных напряжений. Методы измерения высоких напряжений и импульсных токов и их краткая характеристика. Измерение высоких постоянных, переменных и импульсных напряжений шаровыми разрядниками. Измерение высоких напряжений электростатическими вольтметрами. Измерение импульсных токов ферромагнитными регистраторами. Применение делителей напряжения и электронных осциллографов для измерения высоких напряжений.

*Литература:* [3-180-209].

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие физические явления используются в целях диагностики состояния изоляции?
2. В какой изоляции возникают абсорбционные явления?
3. Какие дефекты позволяет выявить метод измерения тангенса угла диэлектрических потерь?
4. Как осуществляется контроль состояния изоляции по интенсивности частичных разрядов?