

Н.Н. РОДИОНОВ

**ТЕХНИКА ВЫСОКИХ
НАПРЯЖЕНИЙ**

Учебное пособие



Самара 2013



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Ка ф е д р а «Электроснабжение промышленных предприятий»

Н. Н. РОДИОНОВ

ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Учебное пособие

Самара
Самарский государственный технический университет
2013

Печатается по решению редакционно-издательского совета СамГТУ
ББК 31 24
УДК 621.3.048.
Б17

Родионов Н.Н.

Б 17 Техника высоких напряжений: учеб. пособие / *Н.Н. Родионов.* – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 93 с.: ил.

Учебное пособие для теоретического и практического изучения дисциплины «техника высоких напряжений». С целью закрепления материала каждый раздел имеет базовую практическую часть: контрольные вопросы многостороннего качественного характера, приводятся примеры решения задач, комплексы задач для самостоятельного решения. Даны примеры и условия решаемых вопросов, для их практического применения. Приводятся вспомогательные разделы: предисловие, введение и т.д.

Предназначено для подготовки бакалавров по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение», может быть полезна специалистам-электрикам для подготовки курсового проекта и выпускной квалификационной работы.

Компетенции пособия: ОК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-40, ПК-44.

Рецензенты: канд. техн. наук О.В. Лысенко,
технический директор ООО Сызранская горэлектросеть А.В. Овтин

ББК 31 24
УДК 621.3.048.
Б17

© Н.Н. Родионов, 2013
© Самарский государственный
технический университет, 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время неуклонно повышается роль техники высоких напряжений в различных отраслях промышленности и хозяйства России. Если после распада СССР ряд воздушных линий были переведены на пониженные напряжения, так например, с 1150 кВ и 750 кВ на 500 кВ; линии 500 кВ на 330 и 220 кВ, то в настоящее время они восстанавливаются в первоначальные условия. Готовятся линии и оборудование на сверхвысокие напряжения до 1180 кВ, Китай и Индия приняли решение о создании сети ВЛ напряжением 1000 – 1200кВ. Если для протяжённых территорий нашей страны такие напряжения вполне оправданы, то такие страны как Германия, Франция и даже Япония также считают их экономически целесообразными. Расширение производства, обновление и освоение технологических процессов, требуют развития и совершенствования высоковольтной техники [1].

В связи с введением двухуровневого высшего образования и пересмотра учебных планов, вновь определена дисциплина под названием «Техника высоких напряжений». Техника высоких напряжений представляет собой комплекс дисциплин (причем не только электротехнических), изучающих воздействие высокопотенциальных электрических а также магнитных полей на вещества, изделия, элементы конструкций; вопросы их технического использования в области электроэнергетики и смежных отраслях. Среди этих дисциплин: методы расчета электрических полей, электрические разряды в газах, жидких и твердых диэлектриках, дисперсных системах, высоковольтные установки. Основные разделы, представляемые в данной работе, посвящены свойствам и характеристикам изоляционных конструкций электрооборудования высокопотенциального напряжения, при воздействии различных эксплуатационных факторах, а также надежной эксплуатации самих изделий. Требуется учитывать механическую прочность, тепловые процессы.

В последнее десятилетие, практически, не издавались учебные материалы: практикумы, учебные пособия, содержащие задачи и примеры; сборники целевых и развернутых задач по курсу «Техника высоких напряжений». Если такие попытки и имели место, то издания выпускались крайне ограниченным тиражом, предназначенным для данного учебного заведения.

Настоящее издание является попыткой создания учебного пособия с задачами и примерами по курсу ТВН. Пособие включает теоретические сведения по изучаемым разделам, пояснение формул, решения задач и примеров, вопросы для самопроверки и задачи для самостоятельного решения, в том числе и с целью контроля.

Включение значительного теоретического материала необходимо, т. к. данная дисциплина является практически первой связывающий изучаемый материал по специальности и осуществляющий переход к ведущим дисциплинам. Лекционный курс и рассматриваемые вопросы располагаются в учебных планах, программах и расписании далеко не синхронно, а представляемый теоретический раздел, дополненный вопросами, для самопроверки помогает студентам полнее изучить и закрепить теоретический материал. Приведенные примеры решения задач позволяют усвоить методические приемы и подходы, подготовить студентов к самостоятельной работе. В современных образовательных технологиях важное место отводится самостоятельной работе студентов под контролем преподавателя. Одной из форм такой работы является освоение методов расчета и выполнение самих расчетов, проводимых студентами самостоятельно и по индивидуальным заданиям. Такие задания представляются, практически, после каждого раздела и содержат достаточное количество вариантов.

Пособие содержит необходимый справочный материал, однако учитывая стремительное увеличение источников информации (справочники, каталоги и конечно Интернет), приветствуется их использование.

Сведения, излагаемые в пособии и в первую очередь теоретические, базируются на материале классических учебных и периодических изданий, информации проектных организаций и т. д. Источники информации, используемые при написании учебного пособия, представлены в библиографическом списке и для упрощения изложения материала ссылки на них, практически, не делаются.

Все замечания и пожелания просим направлять по адресу: 446001, Самарская обл., г. Сызрань, ул. Советская, 45.

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина, введенная вновь в учебные планы под названием «Техника высоких напряжений», как это ни странно, требует пояснения, особенно для тех, кому она и предназначена. В последние двадцать лет дисциплина фигурировала под другим названием, а учебники и пособия издавались крайне малым тиражом, практические материалы полностью отсутствовали. Молодое поколение, которому предстоит изучать ТВН, знакомы с высоким напряжением по электрическим индукционным машинам, если им повезло в школе, грозовому атмосферному разряду и с «чем-то что порой гудит в железной коробке» с нарисованным черепом. Тем не менее явления, устройства и объекты ТВН необходимо знать будущим электроснабженцам, а кроме того особенности техники безопасности при их обслуживании.

Учитывая данные факторы, пособие построено по принципу первоначального знакомства с явлениями и конструкциями в теоретическом представлении, получение методических навыков и освоение самостоятельных решений, как правило, под контролем преподавателя.

Следует помнить и обращать внимание студентов, что учитывая своеобразную область высокопотенциальных полей, а в тоже время микроструктуру веществ закономерности и явления описываются полуэмпирическими и эмпирическими зависимостями, корреляциями. Прорабатывая вопросы основной тематики необходимо обращать внимание студентов, казалось на первый взгляд второстепенные факторы: диэлектрические характеристики материалов, температурные влияния, внешние воздействующие факторы, агрегатные состояния и т. п.

Рассмотрение теоретических вопросов, изложенных в данном пособии, не исключает использование фундаментальных учебников, периодической и справочной литературы, Интернета. Автор надеется, что всестороннее использование данного учебного пособия будет

способствовать лучшему усвоению практического лабораторного курса и всей дисциплины.

Как упоминалось выше, первые разделы пособия акцентируют внимание на основных явлениях ТВН и понятиях дисциплины, отдавая предпочтение вопросам изоляционной техники и защите от перенапряжений.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	6

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЯВЛЕНИЯ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Глава первая. Основные характеристики электрической изоляции.	8
1.1 .Основные определения и назначение изоляции.....	8
1.2 .Основные виды изоляции и их характеристики.....	9
Глава вторая. Воздействие на изоляцию различных факторов.	12
2.1. Старение изоляции. Общие закономерности.....	12
2.2. Частичные разряды в газовых включениях внутренней изоляции.....	15
2.3. Тепловое старение внутренней изоляции.....	17
2.4. Старение при механических нагрузках и увлажнение изоляции.....	18
2.5. Вопросы для самопроверки.....	20

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ИЗОЛИРУЮЩЕЙ СРЕДЕ

Глава третья. Напряженность электрических полей различной конфигурации.	21
3.1. Характеристики электрического поля.....	21
3.2. Конфигурация электрических полей.....	24
3.3. Задачи. Конфигурация электрических полей.....	27
3.4. Методика решения задач.....	30
Глава четвертая. Развитие разряда и пробивные напряжения в электрических полях.	32
4.1. Развитие разряда в промежутках с однородным электрическим полем.....	32
4.2. Развитие разряда в промежутках с неоднородным электрическим полем.....	36
4.3. Задание. Однородное поле. Климатические факторы.....	39

4.4. Методика решения задач.....	40
4.5. Учет атмосферных условий при определении разрядных и испытательных напряжений.....	41
4.6. Задание. Неоднородное поле. Климатические факторы.....	43

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Глава пятая. Разряд вдоль поверхности твердого

диэлектрика в воздухе и в масле.....	45
5.1. Разряд вдоль поверхности диэлектрика в воздухе.....	45
5.2. Разряд вдоль поверхности диэлектрика в масле.....	48
5.3. Задание. Перекрытие диэлектрика по воздуху.....	50
5.4. Методика решения задач.....	51
5.5. Вопросы для самопроверки.....	55

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ТВЕРДАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Глава шестая. Развитие разряда и пробой твердых диэлектриков..... **56** |

6.1. Пробой твердых диэлектриков.....	56
6.2. Задачи. Тепловой пробой диэлектриков.....	63
6.3. Методика решения задач.....	64
6.4. Вопросы для самопроверки.....	65

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ АППАРАТЫ И УСТРОЙСТВА

Глава седьмая. Атмосферные и внутренние перенапряжения..... **66** |

7.1. Воздействие перенапряжений на высоковольтные аппараты.....	66
7.2. Общие характеристики, классификация и применение нелинейных ограничителей перенапряжений.....	68
7.3. Основные эксплуатационные характеристики нелинейных ограничителей напряжений.....	71
7.4. Выбор ограничителей перенапряжений.....	73
7.5. Методические примеры расчета характеристик ОПН и выбора их типов.....	78
7.6. Вопросы для самопроверки.....	82

Глава восьмая. Основные виды и особенности изоляции, работающей, в высоковольтных электротехнических устройствах.....	83
<i>Контрольный подраздел.....</i>	<i>83</i>
Заключение.....	87
Библиографическое описание.....	89