

УДК 621.316.9(075.8)  
ББК 31.264я73  
Т45

Рецензенты:

Доктор технических наук,  
профессор Санкт-Петербургского государственного  
политехнического университета *Н. В. Коровкин*  
Доктор технических наук,  
профессор Санкт-Петербургского государственного  
политехнического университета, заместитель заведующего  
отделом ОАО «НИИПТ» *С. В. Смоловик*

*Титков В. В. Перенапряжения и молниезащита : учеб. пособие /*  
В. В. Титков, Ф. Х. Халилов. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. —  
222 с.

Дано понятие об электрических перенапряжениях. Рассмотрены основные характеристики перенапряжений: величина (кратность), форма, повторяемость и широта охвата сети. Проанализированы основные источники перенапряжений в сетях низкого (до 1 кВ), среднего (6–35 кВ), высокого (110 кВ и выше) напряжений. Проведена классификация внешних и внутренних перенапряжений. Даны технологии защиты от перенапряжений с помощью схемных и организационных мероприятий. Рассмотрены вопросы координации изоляции при воздействии на нее перенапряжений, электромагнитной совместимости между электроэнергетикой, техносферой и биосферой.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по магистерской программе «Высоковольтная электротехника в системах электроснабжения» по направлению подготовки магистров «Техническая физика». Оно может быть также использовано для студентов, обучающихся по другим направлениям подготовки.

Работа выполнена в рамках реализации программы развития национального исследовательского университета «Модернизация и развитие политехнического университета как университета нового типа, интегрирующего мультидисциплинарные научные исследования и надотраслевые технологии мирового уровня с целью повышения конкурентоспособности национальной экономики».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

© Титков В. В., Халилов Ф. Х., 2011  
© Санкт-Петербургский государственный  
политехнический университет, 2011

ISBN 978-5-7422-3546-0

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список принятых сокращений.....	5
Введение.....	7
1. Характеристика электрических систем, оборудования и изоляции.....	8
1.1. Общие вопросы функционирования электроустановок и изоляции.....	8
1.2. Электрические сети до 35 кВ.....	9
1.3. Электрические сети 110 кВ и выше.....	19
1.4. Схемы замещения элементов сетей.....	21
2. Классификация и нормативная база перенапряжений.....	27
2.1. Классификация перенапряжений и задачи координа- ции изоляции.....	27
2.2. Нормативная база при анализе перенапряжений.....	39
3. Внешние перенапряжения.....	46
3.1. Классификация внешних перенапряжений и характе- ристики параметров молнии.....	46
3.2. Перенапряжения при магнитных бурях и при ядерных взрывах.....	52
4. Внутренние перенапряжения.....	54
4.1. Стационарные и квазистационарные перенапряжения..	54
4.2. Коммутационные перенапряжения.....	57
5. Квазистационарные перенапряжения.....	59
5.1. Перенапряжения вследствие емкостного эффекта ли- ний электропередач.....	59
5.2. Резонансное смещение нейтрали в сетях 3–35 кВ. Фер- рорезонансные перенапряжения.....	67
6. Коммутационные перенапряжения.....	81
6.1. Перенапряжения при плановых включениях линии.....	81
6.2. Перенапряжения при отключении ненагруженных ли- ний, в том числе линий в блоке с трансформатором.....	93
6.3. Автоматическое повторное включение линий.....	99

6.4. Перенапряжения при отключении линий с коротким замыканием.....	103
6.5. Перенапряжения при отключениях реакторов, трансформаторов, электрических машин и при срезе тока в дугогасящем реакторе.....	106
6.6. Перенапряжения при коммутациях высоковольтных электродвигателей.....	119
6.7. Дуговые перенапряжения в сетях 3-35 кВ и статистические характеристики коммутационных перенапряжений	120
7. Характеристика средств защиты от перенапряжений.....	129
8. Молниезащита линий.....	144
9. Молниезащита подстанций и электрических машин высокого напряжения.....	165
9.1. Задачи и критерии молниезащиты подстанций и организация защиты подстанций различных классов напряжений .....	165
9.2. Молниезащита электрических машин.....	173
10. Воздействия перенапряжений на изоляцию электроустановок.....	176
10.1. Воздействие импульсных перенапряжений на газовую изоляцию электрических аппаратов.....	177
10.2. Воздействие перенапряжений на комбинированную и полимерную изоляции.....	188
11. Проблемы электромагнитной совместимости в электроэнергетике.....	195
11.1. Экологические и биологические проблемы электромагнитной совместимости.....	196
11.2. Электромагнитная совместимость электроэнергетики с протяженными металлическими сооружениями техносферы и с электроносферой.....	208
11.3. Внутренняя электромагнитная совместимость между подсистемами электроэнергетики.....	218
Библиографический список.....	221