

УДК 621.315.1
К 78

Рецензенты:

д-р техн. наук, доцент *А.Г. Русина*
д-р техн. наук, профессор *В.Г. Сальников*,
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет
водного транспорта»

Красильникова Т.Г.

К 78 Физико-технические основы дальних электропередач переменного тока: монография / Т.Г. Красильникова, Г.И. Самородов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 300 с. – (Серия «Монографии НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-4057-5

В монографии изложена теория дальних электропередач как элемента энергосистемы. Рассмотрена структура, основные технические параметры, физико-технические вопросы дальних электропередач, их функционирование в составе энергообъединения, включая вопросы устойчивости и перенапряжений.

Книга может представлять интерес для научных работников, преподавателей электроэнергетических специальностей, студентов и аспирантов, интересующихся дальними электропередачами.

УДК 621.315.1

ISBN 978-5-7782-4057-5

© Красильникова Т.Г.,
Самородов Г.И., 2019
© Новосибирский государственный
технический университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
Г л а в а 1. Электропередача как элемент энергосистемы	9
1.1. Определение электропередачи и дальней электропередачи	9
1.2. Электроэнергетика	10
1.3. Процесс формирования энергосистем	10
1.4. Структурная схема и характеристика национальных энергосистем	14
1.4.1. Общая характеристика	14
1.4.2. Межсистемный эффект	16
1.4.3. Система управления функционированием и развитием	17
1.5. Будущее мировой электроэнергетики	18
1.5.1. Рост электропотребления	18
1.5.2. Проблемы современной электроэнергетики	20
1.5.3. Реструктуризация и дерегулирование электроэнергетики	22
1.5.4. Пути технического совершенствования электроэнергетики	27
1.5.5. Возможные сценарии развития электроэнергетики в XXI в.	32
Г л а в а 2. Структура и основные технические параметры ДЭП	37
2.1. Области применения, структурные элементы и схемы ДЭП	37
2.2. Подстанции	40
2.3. Воздушные линии (ВЛ)	41
2.3.1. Характеристика участка ВЛ (анкерного пролета)	41
2.3.2. Промежуточная опора и ее элементы	43
2.3.3. Конструкция фазы ВЛ СВН и УВН	44
2.4. Устройства реактивной мощности	45
2.4.1. Устройства шунтирующей компенсации одностороннего действия	47
2.4.2. Устройства шунтирующей компенсации двустороннего действия	55
2.4.3. Устройства продольной компенсации (УПК)	61



2.5. Регуляторы напряжения	74
2.5.1. Механические регуляторы напряжения	75
2.5.2. Тиристорные регуляторы напряжения	77
2.6. Схемы электрических соединений ДЭП	80
2.7. Основные технические параметры	81
2.7.1. Движущие силы развития техники передачи электроэнергии	81
2.7.2. Исходные проектные показатели	82
2.7.3. Номинальное напряжение и обоснование его роста	84
2.7.4. Натуральная мощность линии	88
2.7.5. Пропускная способность ДЭП	88
2.7.6. Зарядная мощность линии	92
2.7.7. Кратность ограничения внутренних перенапряжений	93
2.7.8. Потери и КПД по мощности и электроэнергии	94
Глава 3. Физико-технические вопросы ДЭП	97
3.1. Математическая модель ВЛ	97
3.1.1. Математическая модель идеальной однопроводной линии	97
3.1.2. Математическая модель трехфазной линии без учета тросов	100
3.1.3. Математическая модель трехфазной идеально- транспонированной линии	110
3.1.4. Математическая модель трехфазной линии с учетом тросов	118
3.1.5. Однолинейная математическая модель идеальной трех- фазной линии	126
3.1.6. Однолинейная математическая модель трехфазной линии с учетом потерь	133
3.2. Математические модели (схемы замещения) элементов ДЭП	137
3.2.1. Представление элементов ЭП многополюсниками	138
3.2.2. Схема замещения примыкающей системы	140
3.2.3. Схема замещения автотрансформатора	142
3.2.4. Схема замещения шунтирующего реактора	143
3.2.5. Матрица коммутаций	144
3.2.6. Матрица повреждений	145
3.3. Расчетная схема ДЭП в фазных координатах	146
3.4. Схемы транспозиции дальних линий и оценка уровня несим- метрии	150
3.4.1. Метод оценки несимметрии режима	150
3.4.2. Влияние различных факторов на коэффициенты несим- метрии	153



3.4.3. Неожиданный эффект транспозиции.....	158
3.4.4. Симметрирование с помощью элементов взаимной индукции	162
3.5. Полная, активная и реактивная мощность	164
3.5.1. Общее выражение для мощности в комплексной форме.....	164
3.5.2. Активная нагрузка.....	165
3.5.3. Активно-индуктивная и активно-емкостная нагрузка	167
3.5.4. Реактивная мощность сосредоточенных элементов энергосистемы	170
3.5.5. Реактивная мощность ВЛ	178
3.5.6. Баланс реактивной мощности в энергосистеме	182
3.6. Коронный разряд на ВЛ и пути его ограничения.....	184
3.6.1. Общая характеристика коронного разряда	184
3.6.2. Трехфазная линия с одиночными проводами	186
3.6.3. Трехфазная линия с одиночными расширенными проводами	190
3.6.4. Трехфазная линия с расщепленными фазами	191
3.7. Возможности воздуха как изолирующей среды.....	193
3.8. Волновой характер процессов в линиях электропередачи	195
3.8.1. Метод бегущих волн	195
3.8.2. Решение на отдельных отрезках времени (квазистационарное решение)	198
3.8.3. Цифровая электромагнитная модель электрической системы	205
Глава 4. Функционирование ДЭП	209
4.1. Нормальные режимы	209
4.2. Характерные режимы ДЭП	213
4.2.1. Угловая характеристика.....	213
4.2.2. Режим натуральной мощности.....	216
4.2.3. Режим холостого хода.....	217
4.2.4. Распределение напряжения вдоль ВЛ	220
4.3. Статическая устойчивость нормального режима.....	223
4.3.1. Влияние шунтирующих реакторов на статическую устойчивость	223
4.3.2. Особенности работы электростанции через длинную линию	226
4.3.3. Компенсация электрической длины	228
4.3.4. Компенсация продольного сопротивления	234



4.3.5. Настройка электрической длины	238
4.3.6. Повышение статической устойчивости за счет поддержания напряжения в промежуточных пунктах ЭП с помощью управляемых УРМ	242
4.4. Условия работы ДЭП в энергообъединении в аварийных и послеаварийных режимах	246
4.5. Анализ внутренних перенапряжений и защита от них	248
4.5.1. Общие положения	248
4.5.2. Квазиустановившиеся перенапряжения и их ограничение	250
4.5.3. Коммутационные перенапряжения и их ограничение	259
4.6. Динамическая устойчивость	268
4.6.1. Общие положения	268
4.6.2. Ликвидация однофазных КЗ в одноцепной ВЛ	275
4.6.3. Ликвидация однофазных КЗ в двухцепной ВЛ	280
4.7. Послеаварийные режимы	284
4.7.1. Несекционированная двухцепная ЭП	284
4.7.2. Секционированная двухцепная ЭП	286
Библиографический список	288