

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Введение.....	7
<b>Часть I. ТОКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.....</b>	<b>9</b>
<b>Глава 1. Общие сведения о переходных процессах.....</b>	<b>9</b>
1.1. Основные понятия и определения.....	9
1.2. Природа возникновения коротких замыканий.....	11
1.3. Последствия коротких замыканий.....	12
1.4. Назначение расчетов коротких замыканий.....	12
<b>Глава 2. Представление элементов электрических систем в схемах замещения при расчетах переходных процессов.....</b>	<b>13</b>
2.1. Синхронные машины.....	13
2.1.1. Обобщенный вектор трехфазной системы.....	13
2.1.2. Векторная диаграмма синхронной машины.....	14
2.1.3. Постоянные времени синхронной машины.....	21
2.1.4. Переходные ЭДС и индуктивное сопротивление синхронной машины.....	22
2.1.5. Сверхпереходные ЭДС и индуктивное сопротивление синхронной машины.....	25
2.1.6. Уравнения переходного процесса синхронной машины.....	28
2.1.7. Системы возбуждения и автоматического регулирования тока возбуждения синхронной машины.....	33
2.1.8. Гашение магнитного поля.....	37
2.2. Трансформаторы и автотрансформаторы.....	38
2.3. Линии электропередачи.....	41
2.4. Нагрузка.....	42
2.5. Синхронные двигатели.....	45
2.6. Асинхронные двигатели.....	46
2.7. Токоограничивающие и шунтирующие реакторы.....	49
2.8. Система электроснабжения.....	49
2.9. Роль отдельных элементов электрической системы в формировании переходного процесса.....	50
<b>Глава 3. Общие указания к расчетам токов КЗ.....</b>	<b>53</b>
3.1. Основные допущения, принимаемые при расчетах.....	53
3.2. Составление схем замещения и расчет их параметров.....	54

3.2.1. Система относительных единиц .....	54
3.2.2. Приведение параметров схемы к основной ступени напряжения .....	58
3.3. Преобразование схем замещения.....	69
Глава 4. <b>Трехфазное КЗ в электрической сети</b> .....	70
4.1. Трехфазное КЗ в простейшей цепи, питаемой от шин неизменного напряжения.....	71
4.2. Наибольшее действующее значение полного тока .....	75
4.3. Эквивалентная постоянная времени.....	75
4.4. Трехфазное КЗ на зажимах генератора без автоматического регулирования возбуждения .....	79
4.5. Трехфазное КЗ на зажимах генератора с автоматическим регулированием возбуждения .....	80
4.6. Установившийся режим КЗ .....	81
4.7. Расчет начального сверхпереходного и ударного токов КЗ.....	83
Глава 5. <b>Несимметричные переходные процессы в электрических системах</b> .....	84
5.1. Метод симметричных составляющих.....	85
5.2. Параметры элементов электрической системы для токов обратной и нулевой последовательностей .....	90
5.2.1. Синхронная машина .....	90
5.2.2. Трансформаторы и автотрансформаторы.....	91
5.2.3. Воздушные и кабельные линии .....	94
5.2.4. Влияние удельной проводимости многолетнемерзлого грунта на удельные параметры линий электропередачи.....	95
5.2.5. Асинхронные двигатели и обобщенная нагрузка .....	97
5.3. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей .....	97
5.4. Однократная поперечная несимметрия .....	99
5.4.1. Однофазное короткое замыкание .....	99
5.4.2. Двухфазное короткое замыкание.....	102
5.4.3. Двухфазное короткое замыкание на землю .....	103
5.4.4. Алгоритм расчета тока несимметричного короткого замыкания .....	105
5.4.5. Комплексные схемы замещения .....	106
5.4.6. Сравнение токов различных коротких замыканий .....	107
5.4.7. Распределение симметричных составляющих в электрической системе.....	109
5.5. Однократная продольная несимметрия.....	119
5.5.1. Разрыв одной фазы.....	119
5.5.2. Разрыв двух фаз .....	121
5.5.3. Несимметрия от включения сопротивлений .....	122
5.5.4. Алгоритм расчета однократной продольной несимметрии .....	124
5.5.5. Распределение напряжений при разрыве одной фазы.....	126
5.6. Сложные виды несимметрии.....	127
5.6.1. Двойное замыкание на землю.....	127
5.6.2. Однофазное КЗ с разрывом фазы .....	131

Глава 6. Электромагнитные переходные процессы в дальних электропередачах и их влияние на действие защиты .....	133
6.1. Метод расчета параметров периодических свободных составляющих .....	134
6.2. Схемы дальних электропередач.....	136
6.3. Периодические свободные составляющие при КЗ в дальней электропередаче.....	138
6.4. Метод защиты дальних электропередач и ее отстройка от свободных составляющих.....	142
Глава 7. Переходные процессы в сетях с изолированной нейтралью в электроустановках до 1 кВ .....	145
7.1. Замыкание фазы на землю в сети с изолированной нейтралью ....	146
7.2. Компенсация емкостного тока замыкания фазы на землю.....	147
7.3. Расчет токов КЗ в установках до 1000 В.....	152
Глава 8. Ограничение токов короткого замыкания.....	157
8.1. Максимальные уровни токов КЗ.....	157
8.2. Средства ограничения токов КЗ.....	159
8.2.1. Оптимизация структуры и параметров сети (схемные решения).....	159
8.2.2. Стационарное или автоматическое деление сети.....	161
8.2.3. Токоограничивающие устройства.....	161
8.2.4. Трансформаторы с расщепленной обмоткой низкого напряжения.....	165
8.3. Оптимизация режима заземления нейтралей в электрических сетях.....	166
8.4. Координация уровней токов КЗ и параметров электрооборудования.....	167
Часть II. УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	169
Глава 9. Статическая устойчивость.....	169
9.1. Основные понятия и определения устойчивости.....	169
9.2. Допущения, принимаемые при анализе устойчивости.....	171
9.3. Задачи расчета устойчивости электрических систем.....	172
9.4. Статическая устойчивость простейшей системы.....	173
9.5. Уравнение движения ротора генератора.....	178
9.6. Характеристика мощности явнополюсного генератора.....	179
9.7. Характеристика мощности генератора с АРВ.....	180
9.8. Характеристика мощности при сложной связи генератора с системой.....	187
9.9. Расчет собственных и взаимных проводимостей.....	190
9.10. Статическая устойчивость сложных систем.....	193
9.10.1. Метод малых колебаний.....	193
9.10.2. Применение метода малых колебаний для анализа статической устойчивости сложных систем.....	195
9.11. Статическая устойчивость нагрузки.....	204
9.11.1. Действительный предел мощности.....	204

9.11.2. Статическая устойчивость двигателей нагрузки.....	205
9.11.3. Вторичные критерии устойчивости нагрузки.....	208
9.12. Нормативные и методические указания по анализу статической устойчивости.....	212
9.13. Утяжеление исходного режима энергосистемы.....	214
<b>Глава 10. Динамическая устойчивость.....</b>	<b>215</b>
10.1. Анализ динамической устойчивости простейшей системы графическим методом.....	216
10.2. Динамическая устойчивость при КЗ на линии.....	219
10.3. Предельный угол отключения КЗ.....	224
10.4. Анализ трехфазного КЗ графическим методом.....	225
10.5. Решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов.....	227
10.6. Динамическая устойчивость сложных систем.....	229
10.7. Динамическая устойчивость двигателей нагрузки.....	231
10.7.1. Динамическая устойчивость асинхронного двигателя....	232
10.7.2. Динамическая устойчивость синхронного двигателя.....	234
10.8. Пуск двигателей.....	238
10.9. Самозапуск двигателей.....	244
10.10. Автоматическое повторное включение и автоматическое включение резервного питания.....	247
10.11. Методические и нормативные указания к расчету динамической устойчивости.....	249
<b>Глава 11. Асинхронные режимы в электрических системах.....</b>	<b>250</b>
11.1. Возникновение асинхронного режима.....	250
11.2. Установившийся асинхронный режим.....	252
11.3. Ресинхронизация синхронных генераторов и двигателей.....	253
<b>Глава 12. Мероприятия по улучшению устойчивости электрических систем.....</b>	<b>257</b>
12.1. Мероприятия, основанные на улучшении параметров элементов электрической системы.....	258
12.2. Дополнительные устройства для повышения уровня устойчивости.....	261
12.3. Режимные мероприятия по повышению устойчивости.....	263
Литература.....	265
Приложение 1. Некоторые законы и понятия магнитного поля.....	267
Приложение 2. Формы представления комплексных величин.....	271
Приложение 3. Векторное изображение переменных величин.....	272
Приложение 4. Векторное изображение мощности.....	273
Приложение 5. Основные формулы преобразования схем замещения.....	275
Приложение 6. Справочные данные по расчету токов КЗ в установках до 1000 В.....	277

ISBN 5-03-003503-6



Учебное издание

Юрий Алексеевич Куликов

**ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ  
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Редактор *Т. П. Петроченко*

Художник *В. П. Григорьев*

Технический редактор *Г. Е. Телятникова*

Корректор *И. Е. Семенова*

Компьютерная верстка *В. Ф. Ноздрева*

Лицензия ЛР № 010174 от 20.05.97 г.

Санитарно-эпидемиологическое заключение

№ 77.99.02.953.Д.008286.12.02 от 09.12.2002 г

Подписано в печать с готовых диапозитивов 12.02.03.

Формат 60x90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура NewtonС. Объем 9,00 бум. л. Усл. печ. л. 18,00.

Уч.-изд. л. 17,00. Изд. №2/9896. Тираж 3000 экз. Заказ 1319.

Новосибирский государственный технический университет

630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

при участии издательства «МИР»

Министерства РФ по делам печати, телерадиовещания и  
средств массовых коммуникаций.

107996, ГСП-6, Москва, 1-й Рижский пер., 2

ООО «Издательство АСТ»

368560, Республика Дагестан, Каякентский р-н,

сел. Новокаякент, ул. Новая, д. 20

Диапозитивы изготовлены в

Новосибирском государственном техническом университете

При участии ООО «Харвест». Лицензия ЛВ № 32 от 27.08.02.

РБ, 220013, Минск, ул. Кульман, д. 1, корп. 3, эт. 4, к. 42.

Республиканское унитарное предприятие

«Минская фабрика цветной печати».

220024, Минск, ул. Корженевского, 20.