

СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Э. А. Киреева
С. А. Цырук

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

3-е издание

ЭНЕРГЕТИКА



УЧЕБНИК



УДК 621.31(075.32)
ББК 31.27-05я723
К43

Рецензенты:

ректор Института повышения квалификации энергетиков,
д-р техн. наук, проф. *О. А. Терешко*;
зам. начальника кафедры систем электроснабжения ракетных комплексов
ВА РВСН им. Петра Великого, канд. техн. наук *В. В. Зоринец*

Киреева Э. А.
К43 Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Э. А. Киреева, С. А. Цырук. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 288 с.

ISBN 978-5-7695-9897-5

Рассмотрены схемы, принципы действия, области применения токовых защит и расчеты их уставок. Приведены основные сведения о дистанционных и высокочастотных защитах, защитах трансформаторов, двигателей, шин и линий. Описаны схемы и принцип действия автоматического повторного включения, автоматического включения резерва, автоматической частотной разгрузки и частотного автоматического повторного включения, а также микропроцессорных устройств защиты.

Учебник может быть использован при освоении профессионального модуля ПМ.02 «Эксплуатация электрооборудования электрических станций, сетей и систем» (МДК.02.02) по специальности 140407 «Электрические станции, сети и системы».

Для студентов учреждений средних профессиональных учебных заведений.

УДК 621.31(075.32)
ББК 31.27-05я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым
способом без согласия правообладателя запрещается*

© Киреева Э. А., Цырук С. А., 2010
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2010
ISBN 978-5-7695-9897-5 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Перечень принятых сокращений	4
Глава 1. Повреждения и аномальные режимы работы в электроэнергетических системах	6
1.1. Общие сведения	6
1.2. Виды повреждений	7
1.3. Аномальные режимы	9
Глава 2. Принципы выполнения релейной защиты. Электромеханические реле	11
2.1. Общие принципы выполнения релейной защиты	11
2.2. Изображение реле и их контактов на принципиальных схемах релейной защиты	14
2.3. Общие сведения об электромеханических реле	16
2.4. Электромагнитные реле	16
2.4.1. Устройство и принцип действия электромагнитных реле	16
2.4.2. Токи срабатывания и возврата реле, коэффициент возврата ...	18
2.4.3. Электромагнитные реле тока	19
2.4.4. Электромагнитные реле напряжения	20
2.4.5. Промежуточные электромагнитные реле	21
2.4.6. Реле с герметизированными магнитоуправляемыми контактами	25
2.4.7. Электромагнитные указательные реле	26
2.4.8. Электромагнитные реле времени	27
2.4.9. Электромагнитные поляризованные реле	29
2.5. Индукционные реле	30
2.5.1. Принцип действия индукционных реле	30
2.5.2. Индукционные измерительные реле тока	32
2.5.3. Индукционные реле направления мощности	35
Глава 3. Общие сведения о релейной защите	38
3.1. Источники оперативного тока и их характеристика	38
3.1.1. Назначение источников оперативного тока	38
3.1.2. Постоянный оперативный ток	39
3.1.3. Переменный оперативный ток	42
3.1.4. Выпрямленный оперативный ток	44
3.2. Основные требования, предъявляемые к релейной защите	47
Глава 4. Максимальные токовые защиты и токовые отсечки	52
4.1. Максимальная токовая защита	52
4.1.1. Принцип действия и селективность МТЗ	52
4.1.2. Выбор тока срабатывания	53
4.1.3. Выбор выдержки времени	55

4.1.4. Схемы МТЗ	55
4.1.5. Согласование защит по чувствительности	58
4.1.6. Оценка МТЗ	59
4.2. Токовая отсечка	60
4.2.1. Назначение и принцип действия ТО	60
4.2.2. Мгновенные ТО на линиях с односторонним питанием	61
4.2.3. Мгновенные ТО на линиях с двусторонним питанием	63
4.2.4. ТО с выдержкой времени	64
4.2.5. ТО с пуском (блокировкой) по напряжению	66
4.2.6. Оценка ТО	67
Глава 5. Токовые направленные защиты	69
5.1. Назначение и принцип действия токовых направленных защит	69
5.2. Зона каскадного действия и мертвая зона направленных МТЗ	71
5.3. Ток срабатывания направленных МТЗ	72
5.4. Выдержки времени направленных МТЗ	73
5.5. Реле направления мощности	75
5.6. Оценка направленных МТЗ	76
Глава 6. Защита от замыканий на землю в электрических сетях	78
6.1. Назначение защит от замыканий на землю	78
6.2. Защита от однофазных замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью	79
6.3. Требования к защите от однофазных замыканий на землю	84
6.4. Выполнение защит	84
6.5. Оценка токовой защиты нулевой последовательности в сети с изолированной нейтралью	88
6.6. Защита от однофазных коротких замыканий на землю в сети с глухозаземленной нейтралью	90
6.6.1. Особенности сетей с глухозаземленной нейтралью	90
6.6.2. Схема и принцип действия МТЗ нулевой последовательности	90
6.6.3. Выбор уставок МТЗ нулевой последовательности	92
6.6.4. Токовые направленные защиты нулевой последовательности	93
6.6.5. О других типах защит нулевой последовательности	95
6.7. Оценка токовых защит нулевой последовательности в сети с глухим заземлением нейтрали	95
Глава 7. Дифференциальная, дистанционная и высокочастотные защиты линий	97
7.1. Назначение и виды дифференциальной защиты линий	97
7.2. Продольная дифференциальная защита линий	98
7.2.1. Принцип действия защиты	98
7.2.2. Определение параметра срабатывания защиты	99
7.2.3. Выполнение продольной дифференциальной защиты линий и ее оценка	101

7.3. Поперечная дифференциальная защита линий	104
7.3.1. Принцип действия защиты	104
7.3.2. Токовая поперечная дифференциальная защита	105
7.3.3. Направленная поперечная дифференциальная защита	106
7.3.4. Оценка и область применения защиты	109
7.4. Дистанционная защита линий	110
7.4.1. Назначение и принцип действия дистанционной защиты	110
7.4.2. Выполнение и работа дистанционной защиты	113
7.4.3. Оценка дистанционной защиты	115
7.5. Высокочастотные защиты	116
7.5.1. Назначение и виды высокочастотных защит	116
7.5.2. Принцип действия направленной защиты с ВЧ-блокировкой	116
7.5.3. Принципы выполнения и работы высокочастотной части защиты	118
7.5.4. Оценка и области применения высокочастотных защит	119
Глава 8. Защита силовых трансформаторов	121
8.1. Основные виды повреждений и аномальных режимов работы трансформаторов	121
8.2. Защита трансформаторов от междуфазных КЗ в обмотках и на их выводах	122
8.2.1. Виды защит	122
8.2.2. Токи небаланса в дифференциальной защите трансформаторов	124
8.2.3. Расчет дифференциальной защиты трансформаторов	126
8.3. Защита трансформаторов от внешних КЗ	129
8.4. Защита трансформаторов от перегрузки	135
8.5. Газовая защита трансформаторов	135
8.5.1. Назначение и принцип действия газовой защиты	135
8.5.2. Совершенствование конструкции газового реле	138
8.6. Схема защиты цехового трансформатора	140
Глава 9. Защита электродвигателей и сборных шин	144
9.1. Основные виды повреждений и аномальных режимов электродвигателей	144
9.2. Защита электродвигателей от междуфазных КЗ	149
9.3. Защита электродвигателей от перегрузки	154
9.4. Защита электродвигателей от понижения напряжения	158
9.5. Защита электродвигателей от однофазных замыканий обмотки статора на землю	161
9.6. Особенности защиты синхронных электродвигателей	166
9.7. Защита электродвигателей напряжением до 1 кВ	169
9.8. Защита сборных шин	174

Глава 10. Автоматическое повторное включение и автоматическое включение резерва	179
10.1. Назначение и основные требования, предъявляемые к устройствам АПВ	179
10.2. Классификация и характеристика устройств АПВ	183
10.3. Ускорение действия релейной защиты при АПВ	187
10.4. Принцип действия и схемы АПВ линий	188
10.5. Принцип действия и схемы АПВ шин	190
10.6. Принцип действия и схемы АПВ двигателей	192
10.7. Выбор уставок однократных АПВ для линий с односторонним питанием	195
10.8. Назначение устройств АВР и основные требования, предъявляемые к ним	196
10.9. Принцип действия и схемы АВР на секционном выключателе	201
10.10. Принцип действия и схема АВР линий	203
10.11. Принцип действия и схема АВР трансформаторов	204
10.12. Особенности выполнения АВР при наличии синхронной нагрузки. Быстродействующие АВР	206
Глава 11. Автоматическая частотная разгрузка и частотное автоматическое повторное включение	209
11.1. Назначение АЧР и основные требования, предъявляемые к устройствам АЧР	209
11.2. Принцип выполнения АЧР	211
11.3. Назначение ЧАПВ и основные требования, предъявляемые к устройствам ЧАПВ	214
11.4. Схемы АЧР и ЧАПВ	219
Глава 12. Устройства резервирования при отказах выключателей ...	222
12.1. Назначение и способы резервирования	222
12.2. Принципы действия и схемы УРОВ	225
12.3. Выбор уставок УРОВ	231
Глава 13. Противоаварийная автоматика	232
13.1. Назначение и виды устройств противоаварийной автоматики	232
13.2. Принципы выполнения устройств противоаварийной автоматики ...	233
13.3. Основные технические требования, предъявляемые к устройствам противоаварийной автоматики	234
13.4. Примеры схем устройств противоаварийной автоматики	234
Глава 14. Виды и принципы управления электрическими аппаратами и сигнализацией на подстанциях	238
14.1. Общие принципы управления электроустановками	238
14.2. Виды управления	239
14.3. Телемеханические системы	241
14.4. Системы ТУ—ТС	245
14.5. Телемеханизация и диспетчеризация	247

Глава 15. Микропроцессорные (цифровые) релейные защиты	251
15.1. Общие сведения	251
15.2. Характеристика основных узлов цифровых устройств РЗ	255
15.3. Проводные каналы связи	261
15.4. Обработка информации в цифровых РЗ	263
15.5. Программное обеспечение и измерительные органы цифровой защиты	264
15.6. Токовая цифровая защита	265
15.7. Цифровая защита от перегрузки	266
15.8. Цифровая токовая отсечка	269
15.9. Цифровая защита от междуфазных КЗ	270
15.10. Эксплуатация цифровых устройств релейной защиты	272
15.11. Оценка цифровых РЗ	278
Приложение	281
Список литературы	282