

УДК 621.316.9(075)
ББК 31.27-051я73
Н62

Рецензенты:

А. А. Кузнецов, д. т. н., профессор Омского государственного
университета путей сообщения;

К. В. Хацевский, д. т. н., доцент Омского института
водного транспорта

Никитин, К. И.

Н62 Защита и автоматика электроэнергетических систем : учеб. пособие /
К. И. Никитин ; Минобрнауки России, Ом. гос. техн. ун-т. – Омск : Изд-во
ОмГТУ, 2022. – 248 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-3436-9

Изложены основные положения релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем. Рассмотрен принцип действия, расчет токов срабатывания, расчет уставок и проверка чувствительности защит ЛЭП, трансформаторов, двигателей, генераторов и шин. Приведены контрольные вопросы, задачи, примеры их решения, задания к курсовым проектам.

Для студентов дистанционной, очной, вечерней и заочной форм обучения по направлениям 13.03.02, 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», 13.05.01 «Тепло- и электрообеспечение специальных технических систем и объектов», 13.06.01 «Электро- и теплотехника».

УДК 621.316.9(075)
ББК 31.27-051я73

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-3436-9

© ОмГТУ, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ВВЕДЕНИЕ В РЕЛЕЙНУЮ ЗАЩИТУ	8
1.1. История релейной защиты и автоматики	8
1.2. Назначение релейной защиты и автоматики	9
1.3. Требования, предъявляемые к свойствам релейной защиты	10
1.4. Классификация защит	11
1.5. Структура устройства релейной защиты	13
1.6. Каналы связи устройств релейной защиты и автоматики	16
1.7. Источники оперативного тока	18
1.8. Пример. Расчет защиты в цепях постоянного оперативного питания	19
Вопросы для самопроверки	21
2. ОСНОВНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ	22
2.1. Назначение и классификация измерительных преобразователей тока и напряжения.....	22
2.2. Конструкция трансформатора тока.....	23
2.3. Принцип работы трансформатора тока	25
2.4. Построение векторной диаграммы трансформатора тока	26
2.5. Погрешности трансформатора тока.....	27
2.6. Активный трансформатор тока	29
2.7. Схемы соединений трансформаторов тока	30
2.8. Коэффициенты трансформации трансформаторного тока.....	35
2.9. Конструкция трансформатора напряжения	35
2.10. Емкостный трансформатор напряжения	37
2.11. Фильтры симметричных составляющих	37
2.12. Пример	40
Вопросы для самопроверки	40
3. ТОКОВЫЕ ЗАЩИТЫ ЛЭП	41
3.1. Ненормальные и аварийные режимы ЛЭП	41
3.2. Токовые защиты линий электропередачи	42
3.3. Первая ступень токовой защиты	43
3.4. Вторая ступень токовой защиты	45
3.5. Третья ступень токовой защиты	46
3.7. Карта селективности.....	49

3.8. Токовые направленные защиты линий электропередачи	51
3.9. Схемотехника токовых защит.....	52
3.10. Структурная схема защиты	53
3.11. Токовые и токовые направленные защиты нулевой последовательности в сетях с заземленной нейтралью	56
3.12. Первая ступень токовой защиты нулевой последовательности.....	57
3.13. Вторая ступень токовой защиты нулевой последовательности.....	57
3.14. Третья ступень токовой защиты нулевой последовательности	58
3.15. Схемотехника токовых защит нулевой последовательности	58
3.16. Токовые и токовые направленные защиты нулевой последовательности в сетях с изолированной нейтралью	59
3.17. Пример.....	64
Вопросы для самопроверки.....	71
 4. ДИСТАНЦИОННЫЕ ЗАЩИТЫ ЛЭП.....	72
4.1. Принцип действия.....	72
4.2. Характеристики срабатывания дистанционной защиты	73
4.3. Реализация реле сопротивления	75
4.4. Первая ступень дистанционной защиты.....	76
4.5. Вторая ступень дистанционной защиты	77
4.6. Третья ступень дистанционной защиты	78
4.7. Особенности работы дистанционной защиты.....	81
4.8. Пример.....	84
Вопросы для самопроверки.....	87
 5. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ЗАЩИТЫ ЛЭП.....	88
5.1. Поперечная дифференциальная защита ЛЭП	88
5.2. Особенности работы поперечной дифференциальной защиты ЛЭП	89
5.3. Направленная поперечная дифференциальная защита ЛЭП.....	90
5.4. Продольная дифференциальная защита ЛЭП	91
5.5. Продольная дифференциальная защита ЛЭП с реле на обоих концах и проводным каналом	93
5.6. Односистемная продольная дифференциальная защита ЛЭП с реле на обоих концах и проводным каналом	95
5.7. Особенности работы продольных дифференциальных защит	96
5.8. Продольная дифференциально-фазная высокочастотная защита.....	96
Вопросы для самопроверки.....	99
 6. ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ	100
6.1. Повреждения и ненормальные режимы работы трансформаторов	100
6.2. Токовая отсечка.....	101
6.3. Продольная дифференциальная защита	102
6.4. Максимальная токовая защита	106
6.5. Защита от перегрузки.....	106

6.6. Газовая защита	107
6.7. Специальная токовая защита нулевой последовательности с заземляющим проводом.....	108
6.8. Специальная токовая защита нулевой последовательности	109
6.9. Схема защиты трансформатора.....	110
6.10. Пример 1	114
6.11. Пример 2	118
Вопросы для самопроверки	122
7. ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ	123
7.1. Ненормальные режимы работы и повреждения электродвигателей.....	123
7.2. Токовая отсечка	125
7.3. Продольная дифференциальная отсечка	126
7.4. Защита от перегрузки	127
7.5. Защита от понижения напряжения	128
7.6. Защита от замыкания обмотки статора на корпус.....	129
7.7. Защита от эксцентриситета ротора электрической машины.....	131
7.8. Защита от разрыва стержня «беличьей клетки» ротора	131
7.9. Схема защиты ЭД с продольной дифференциальной защитой	132
7.10. Защиты ЭД напряжением ниже 1000 В	136
7.11. Пример 1	137
7.12. Пример 2	142
Вопросы для самопроверки	144
8. ЗАЩИТЫ ШИН	145
8.1. Токовая отсечка шин без выдержки времени	145
8.2. Дифференциальная защита шин	146
8.3. Токовая отсечка шин с выдержкой времени.....	148
8.4. Максимальная токовая защита	150
8.5. Защита секционного выключателя	151
8.6. Защита шин от дуговых замыканий.....	152
8.7. Пример	155
Вопросы для самопроверки	160
9. ЗАЩИТА ГЕНЕРАТОРОВ	161
9.1. Ненормальные режимы работы и повреждения генераторов	161
9.2. Типы защит.....	163
9.3. Токовая отсечка генератора.....	164
9.4. Продольная дифференциальная защита	165
9.5. Поперечная дифференциальная защита	169
9.6. Максимальная токовая защита	170
9.7. Защита от симметричной перегрузки обмоток статора.....	172
9.8. Защита от несимметричных перегрузок.....	172
9.9. Защита от однофазного замыкания обмотки статора на землю	174

9.10. Защита от асинхронного режима.....	176
9.11. Защита генератора от повышения напряжения.....	176
9.12. Резервная защита минимального полного сопротивления генератора, работающего на сборные шины	177
9.13. Пример.....	180
Вопросы для самопроверки.....	186
10. АВТОМАТИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	187
10.1. Автоматика нормального режима	188
10.2. Автоматика аварийного и послеаварийного режимов	201
Вопросы для самопроверки.....	215
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	216
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	218
Приложение А. УСЛОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ И ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ.....	222
Приложение Б. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ И АВТОМАТИКЕ	225
Приложение В. ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ	233
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.....	244