

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**В. В. Гурин**

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением  
высших учебных заведений Республики Беларусь  
по образованию в области сельского хозяйства в качестве  
учебно-методического пособия для студентов высших учебных  
заведений, обучающихся по специальностям 1-74 06 05-01  
Энергетическое обеспечение сельского хозяйства  
(электроэнергетика), 1-53 01 01-09 Автоматизация  
технологических процессов и производств (сельское хозяйство)*

**В двух частях**

**Часть 1**

**ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ**

Минск  
БГАТУ  
2010

УДК 621.316.9(07)  
ББК 31.27-05я7  
А22

Рецензенты:

кандидат технических наук,  
профессор кафедры электроснабжения БГАТУ *Г. И. Янукович*;  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Автоматизация производственных процессов  
и электротехники» БГТУ *Л. М. Давидович*;  
заведующий лабораторией  
РУП «Белорусский теплоэнергетический институт»,  
доктор технических наук, профессор *Е. П. Забелло*

**Гурин В. В.**

А22 Автоматическая защита электрооборудования. В 2 ч.  
Ч. 1. Защита электрических цепей : учебно-методическое  
пособие / В. В. Гурин. – Минск : БГАТУ, 2010. – 360 с.  
ISBN 978-985-519-287-0.

В учебно-методическом пособии рассмотрены сверхтоки во внутренних электрических сетях зданий и сооружений и защита электрических цепей от сверхтоков с помощью плавких предохранителей и автоматических воздушных выключателей, защита электрооборудования зданий и сооружений от перенапряжений и опасных токов утечки.

Предназначено для студентов вузов и ССУЗов специальностей 1-74 06 05-01 Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (электроэнергетика) и 1-53 01 01-09 Автоматизация технологических процессов и производств (сельское хозяйство). Будет полезно инженерно-техническим работникам, специализирующимся в области исследования, проектирования и эксплуатации устройств защиты электрооборудования.

УДК 621.316.9(07)  
ББК 31.27-05я7

ISBN 978-985-519-287-0 (ч. 1)  
ISBN 978-985-519-288-7

© БГАТУ, 2010

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	6
Введение .....	7

### Глава 1. СВЕРХТОКИ И ЗАЩИТА ПРОВОДНИКОВ ОТ СВЕРХТОКОВ

1.1. Сверхтоки. Понятия и определения .....	9
1.2. Схемы электрических сетей 0,4 кВ и токи короткого замыкания .....	13
1.3. Общие вопросы расчета токов короткого замыкания во внутренних сетях зданий и сооружений .....	18
1.4. Расчет начального действующего значения периодической составляющей трехфазного и однофазного токов короткого замыкания .....	20
1.5. Расчет сопротивлений в цепи токов короткого замыкания .....	21
1.6. Расчетные схемы цепи токов короткого замыкания .....	34
1.7. Схемы замещения цепи токов короткого замыкания .....	38
1.8. Защита проводников от токов перегрузки .....	41
1.9. Защита проводников от токов короткого замыкания .....	46
1.10. Координация характеристик устройств защиты и проводников .....	49
1.11. Контрольные вопросы и задания .....	52

### Глава 2. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ И ЗАЩИТА С ИХ ПОМОЩЬЮ ОТ СВЕРХТОКОВ

2.1. Общие сведения и требования к предохранителям .....	55
2.2. Нагрев и работа плавких предохранителей при рабочем токе и сверхтоке .....	58
2.3. Характеристики плавких предохранителей .....	66
2.4. Конструкции плавких предохранителей, их плавких элементов и характеристика наполнителей .....	77
2.5. Классификация предохранителей .....	86
2.6. Развитие и совершенствование плавких предохранителей .....	89
2.7. Общие вопросы выбора плавких предохранителей .....	97
2.8. Выбор номинального тока плавкой вставки предохранителя .....	100
2.9. Проверка выбранного предохранителя .....	106
2.10. Выбор быстродействующих плавких предохранителей защиты полупроводниковых приборов .....	111
2.11. Согласование характеристик термической стойкости электрооборудования и защитных характеристик плавких предохранителей .....	116
2.12. Эксплуатация плавких предохранителей .....	121
2.13. Контрольные вопросы и задания .....	128

### Глава 3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВОЗДУШНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ЗАЩИТА С ИХ ПОМОЩЬЮ ОТ СВЕРХТОКОВ

3.1. Общие сведения и требования к автоматическим выключателям .....	131
3.2. Принцип действия автоматического выключателя с электромагнитным расцепителем максимального тока .....	133
3.3. Условия существования и гашения дуги в автоматических выключателях .....	135
3.4. Эрозия и дуговой износ контактов автоматических выключателей .....	148
3.5. Основные элементы автоматических выключателей общего назначения .....	153
3.6. Расцепители автоматических выключателей .....	156
3.7. Развитие и совершенствование автоматических выключателей .....	169
3.8. Параметры и характеристики автоматических выключателей .....	185
3.9. Выбор автоматических выключателей .....	190
3.10. Проверка автоматических выключателей при выборе .....	198
3.11. Эксплуатация автоматических выключателей .....	207
3.12. Контрольные вопросы и задания .....	210

### Глава 4. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

4.1. Общие сведения о перенапряжениях .....	213
4.2. Средства защиты электрической воздушной сети 0,4 кВ от импульсных перенапряжений .....	218
4.3. Средства защиты электроустановок зданий и сооружений от импульсных перенапряжений .....	228
4.4. Стойкость изоляции электрооборудования к импульсным перенапряжениям и классы УЗИП .....	235
4.5. Основные параметры и характеристики УЗИП .....	239
4.6. Принципиальные электрические схемы включения УЗИП .....	243
4.7. Применение и выбор УЗИП .....	253
4.8. Применение плавких предохранителей для защиты УЗИП .....	260
4.9. Требования к установке и монтажу УЗИП .....	262
4.10. Проверка и диагностика УЗИП при эксплуатации .....	264
4.11. Защита электрооборудования от временных перенапряжений .....	267
4.12. Контрольные вопросы и задания .....	274

### Глава 5. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ОТ ОПАСНЫХ ТОКОВ УТЕЧКИ

5.1. Общие сведения об электро- и пожаробезопасности .....	277
5.2. Типы устройств защитного отключения по контролируемым параметрам .....	281

5.3. Устройства защитного отключения, управляемые дифференциальным током .....	284
5.4. Параметры устройств защитного отключения, управляемых дифференциальным током .....	297
5.5. Маркировка устройств защитного отключения, управляемых дифференциальным током .....	303
5.6. Выбор устройств защитного отключения, управляемых дифференциальным током .....	304
5.7. Описание устройств защитного отключения .....	311
5.8. Применение устройств защитного отключения, управляемых дифференциальным током в различных системах заземления .....	332
5.9. Монтаж и эксплуатация устройств защитного отключения, управляемых дифференциальным током .....	342
5.10. Контрольные вопросы и задания .....	352
Список использованной литературы .....	355

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие электрооборудования и автоматического управления машинами и установками потребовало систематизировать и выделить вопросы автоматической защиты электрооборудования в отдельную дисциплину – «Автоматическую защиту электрооборудования».

Учебно-методическое пособие «Автоматическая защита электрооборудования» состоит из двух частей: «Защита электрических цепей» (часть 1) и «Защита трехфазных асинхронных электродвигателей» (часть 2). Учебно-методическое пособие написано в соответствии с учебной программой указанной выше дисциплины.

В первой части изложены сверхтоки, особенности токов короткого замыкания (КЗ) и их расчет во внутренних электрических сетях зданий и сооружений, защита проводников и электрооборудования от сверхтоков с помощью предохранителей и автоматических выключателей. Также рассмотрены перенапряжения и средства защиты от них в электроустановках зданий и сооружений, токи утечки и способы защиты от опасных токов утечки в электроустановках зданий и сооружений.

Во второй части приведена характеристика объекта защиты – асинхронного трехфазного электродвигателя, защита асинхронных трехфазных электродвигателей в неполнофазном режиме работы, при технологических перегрузках, температурная защита, защита от увлажнения обмоток, комплексные защиты электродвигателей, а также технико-экономическое обоснование выбора защиты асинхронных трехфазных электродвигателей.

Теоретический материал каждой главы заканчивается контрольными вопросами и заданиями. Перечень литературы является общим для всех глав.

Автор выражает благодарность рецензентам – профессору Г. И. Януковичу, доценту Л. М. Давидовичу, профессору Е. П. Забелло – за ценные замечания, способствовавшие улучшению учебно-методического пособия, а также аспиранту П. А. Равинскому за подготовку рисунков.