

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 2**

## ЗАЩИТА АСИНХРОННЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Минск  
БГАТУ  
2011

УДК 621.313.333 (07)  
ББК 31. 261.63 я 7  
А22

Рецензенты:

кандидат технических наук,  
профессор кафедры электроснабжения БГАТУ *Г. И. Янукович*;  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация  
производственных процессов и электротехники» БГАТУ  
*Л. М. Давидович*;  
заместитель директора по научной работе РУП «Белорусский  
теплоэнергетический институт», кандидат технических наук  
*М. Р. Кирплюк*

**Гурин, В. В.**

А22 Автоматическая защита электрооборудования. В 2 ч. Ч. 2.  
Защита асинхронных трехфазных электродвигателей : учебно-  
методическое пособие / В. В. Гурин. – Минск : БГАТУ, 2011. –  
452 с.  
ISBN 978-985-519-421-8.

Приведена характеристика объекта защиты – асинхронного трехфазного электродвигателя, изложена защита асинхронных трехфазных электродвигателей в неполнофазном режиме работы, при технологической перегрузке, температурная защита, защита от увлажнения и в других случаях, комплексная защита, технико-экономическое обоснование выбора защиты асинхронного трехфазного электродвигателя.

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). Для инженерно-технических работников, специализирующихся в области исследования, проектирования и эксплуатации асинхронных трехфазных электродвигателей.

УДК 621.313.333 (07)  
ББК 31. 261.63 я 7

ISBN 978-985-519-421-8 (ч. 2)  
ISBN 978-985-519-288-7

© БГАТУ, 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	8
-------------------	---

### Глава 1. ХАРАКТЕРИСТИКА АСИНХРОННОГО ТРЕХФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ КАК ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ

1.1. Электродвигатели в сельскохозяйственном производстве.....	9
1.2. Особенности эксплуатации электродвигателей в сельскохозяйственном производстве.....	18
1.3. Механические, электромеханические, рабочие и энергетические характеристики асинхронного трехфазного электродвигателя .....	23
1.4. Отказы и аварийные состояния асинхронных трехфазных электродвигателей .....	32
1.5. Асинхронный трехфазный электродвигатель как объект защиты .....	36
1.6. Контрольные вопросы .....	38

### Глава 2. ЗАЩИТА АСИНХРОННЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ РАБОТЫ В НЕПОЛНОФАЗНОМ РЕЖИМЕ, ПРИ НЕДОПУСТИМОМ ОТКЛОНЕНИИ И АСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ

2.1. Изменение параметров трехфазного асинхронного электродвигателя при работе в неполнофазном режиме .....	41
2.2. Защита асинхронного трехфазного электродвигателя от работы в неполнофазном режиме с контролем напряжения сети .....	54
2.3. Защита асинхронного трехфазного электродвигателя от работы в неполнофазном режиме с контролем напряжения или тока нулевой последовательности.....	58
2.4. Защита асинхронного трехфазного электродвигателя от работы в неполнофазном режиме с контролем напряжения или тока обратной последовательности.....	63

2.5. Защита асинхронного трехфазного электродвигателя от работы в неполнофазном режиме с контролем наличия токов фаз .....	71
2.6. Защита асинхронного трехфазного электродвигателя от работы в неполнофазном режиме с контролем угла между напряжениями или токами фаз.....	74
2.7. Защита асинхронного трехфазного электродвигателя от работы в неполнофазном режиме с контролем постоянной составляющей выпрямленного напряжения датчиков тока фаз.....	79
2.8. Защита асинхронного трехфазного электродвигателя от работы в неполнофазном режиме с контролем электромагнитных полей рассеяния обмоток статора.....	89
2.9. Обеспечение непрерывности работы асинхронного трехфазного электродвигателя при неполнофазном режиме сети .....	93
2.10. Защита асинхронного трехфазного электродвигателя от работы при недопустимом отклонении и асимметрии напряжений .....	96
2.11. Контрольные вопросы .....	102

### Глава 3. ЗАЩИТА АСИНХРОННЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕГРУЗКЕ

3.1. Изменение параметров асинхронного трехфазного электродвигателя при технологической перегрузке .....	104
3.2. Перегрузочная характеристика асинхронного электродвигателя и защитная характеристика устройства защиты электродвигателя от перегрузки по току .....	111
3.3. Токсовая защита асинхронного трехфазного электродвигателя от перегрузки.....	124
3.4. Защита асинхронного трехфазного электродвигателя в стопорном режиме.....	137
3.5. Основы теории тепловой защиты электродвигателя при перегрузке .....	139
3.6. Конструкции электротепловых токовых биметаллических реле .....	143

3.7. Параметры электротепловых токовых реле и их выбор .....	149
3.8. Технические данные электротепловых токовых реле .....	152
3.9. Проверка и настройка электротепловых токовых реле .....	163
3.10. Защита асинхронного трехфазного электродвигателя при перегрузке с контролем коэффициента мощности .....	168
3.11. Контрольные вопросы .....	171

#### **Глава 4. ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАЩИТА АСИНХРОННЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

4.1. Нагрев и охлаждение асинхронных электродвигателей .....	174
4.2. Нагревостойкость изоляции обмоток асинхронных электродвигателей .....	191
4.3. Температурная защита с контролем средней температуры обмотки по ее сопротивлению .....	195
4.4. Температурные защиты с коммутирующими термодетекторами .....	199
4.5. Температурные защиты с термодетекторами, обеспечивающими релейные характеристики срабатывания .....	207
4.6. Термодетекторы для быстродействующих температурных защит электродвигателей .....	219
4.7. Характеристика позисторов температурных защит электродвигателей .....	227
4.8. Обоснование требуемой постоянной времени нагрева быстродействующего термодетектора температурной защиты электродвигателя .....	230
4.9. Совершенствование температурных защит электродвигателей .....	237
4.10. Монтаж термодетекторов температурных защит и проверка температурных защиты УВТЗ на работоспособность .....	252
4.11. Области применения тепловых и температурных защит электродвигателей .....	255

4.12. Температурные защиты, моделирующие нагрев электродвигателя .....	259
4.13. Контрольные вопросы .....	264

#### **Глава 5. ЗАЩИТА АСИНХРОННЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК И ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ**

5.1. Увлажнение изоляции обмоток асинхронных трехфазных электродвигателей в условиях эксплуатации .....	266
5.2. Контроль сопротивления изоляции обмоток асинхронных электродвигателей .....	275
5.3. Защита обмоток асинхронных электродвигателей от увлажнения во время технологических пауз .....	286
5.4. Токовая подсушка и предотвращение увлажнения изоляции обмоток асинхронных двигателей во время технологических пауз .....	290
5.5. Предпусковой контроль параметров электрической сети и асинхронного электродвигателя .....	299
5.6. Защита асинхронных электродвигателей от импульсных перенапряжений .....	309
5.7. Контрольные вопросы .....	311

#### **Глава 6. КОМПЛЕКСНАЯ ЗАЩИТА АСИНХРОННЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

6.1. Выбор основного параметра асинхронного трехфазного электродвигателя для построения комплексной и универсальной защиты .....	313
6.2. Простейшая комплексная защита асинхронного электродвигателя .....	317
6.3. Комплексные электронные устройства защиты асинхронных электродвигателей .....	319
6.4. Комплексные микропроцессорные устройства защиты асинхронных электродвигателей .....	355
6.5. Защита автоматической ненаблюдаемой установки в аварийных состояниях .....	395

6.6. Комплексные устройства защиты погружных электродвигателей.....	401
6.7. Контрольные вопросы .....	419

**Глава 7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ  
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ  
АСИНХРОННОГО ТРЕХФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

7.1. Выбор устройств защиты асинхронного трехфазного электродвигателя по критерию эффективности .....	421
7.2. Выбор устройств защиты асинхронного трехфазного электродвигателя по экономическому критерию .....	424
7.3. Побочные эффекты от использования устройств защиты электродвигателей .....	430
7.4. Перспективы развития устройств защиты асинхронных трехфазных электродвигателей .....	432
7.5. Контрольные вопросы.....	435
Список использованной литературы.....	437

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

Развитие электрооборудования и автоматического управления машинами и установками потребовало систематизировать и выделить вопросы автоматической защиты электрооборудования в отдельную дисциплину «Автоматическая защита электрооборудования». Эту дисциплину в Белорусском государственном аграрном техническом университете читает автор.

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

Первая часть учебно-методического пособия «Автоматическая защита электрооборудования» под названием «Защита электрических цепей» вышла в свет в 2010 году.

Вторая часть учебно-методического пособия «Автоматическая защита электрооборудования» состоит из 7 глав.

В главе 1 приведена характеристика объекта защиты – асинхронного трехфазного электродвигателя.

В главе 2 изложена защита асинхронных трехфазных электродвигателей в неполнофазном режиме работы, при недопустимом отклонении и асимметрии напряжений, а в главе 3 – при технологической перегрузке.

Глава 4 посвящена температурной защите, а глава 5 – защите от увлажнения изоляции обмоток и перенапряжений.

Комплексные защиты изложены в главе 6, а технико-экономическому обоснованию выбора защиты посвящена глава 7.

Теоретический материал каждой главы заканчивается контрольными вопросами. Перечень литературы для всех глав общий.

Автор надеется, что материал, изложенный в книге, будет полезен не только студентам вузов и учащимся ССУЗов, но и инженерам и техникам электроэнергетических профессий, работающим на производстве.

Автор выражает благодарность рецензентам доценту БГТУ Л. М. Давидовичу, профессору БГАТУ Г. И. Янукович, заместителю директора по научной работе РУП «БелТЭИ» М. Р. Кирплюку за ценные замечания, а также инженеру П. А. Равинскому за подготовку рисунков.