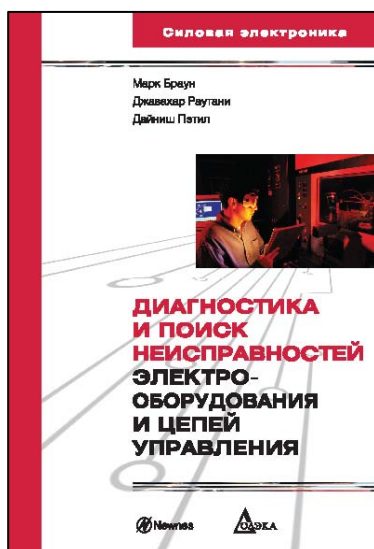


Издательство «Додэка-XXI» представляет книгу



## Диагностика и поиск неисправностей электрооборудования и цепей управления

Автор:	Марк Браун, Джавахар Раутани, Дайниш Пэтил
Издательство:	«Додэка-XXI»
ISBN:	978-5-94120-137-2
УДК	621.31
ББК	31.29-5
Объем:	328 с.
Формат:	60 x 90/16
Тираж	2000
Дата выпуска:	сентябрь 2007г.

Эта книга написана специалистами по современным электроприводам по заказу международной компании IDC Technologies, специализирующейся на техническом обучении кадров из США, Великобритании, Канады, Австралии и многих других промышленно развитых стран.

Книга состоит из семи глав и трёх приложений.

В первых двух главах, которые можно назвать вводными, кратко изложены основополагающие сведения об электрических цепях и электротехнических устройствах, даны понятия об электрических и логических схемах. Далее рассмотрены общие вопросы диагностики, методы проверок электрических цепей и оборудования, а также здесь перечислены измерительные приборы, применяемые при диагностике. Подробно отражены основы работы практически всех применяемых в промышленности типов электродвигателей: постоянного и переменного тока, однофазных и трёхфазных, синхронных и асинхронных, с расщеплённой фазой и с расщеплёнными полюсами, с постоянной и с регулируемой скоростью и др. Здесь же рассмотрены способы торможения и методы тестирования электродвигателей. Особое внимание уделено диагностике приводов с регулируемой скоростью вращения электродвигателей (гл. 6), где рассмотрены методы управления приводом, требования к монтажу, подключению к источнику питания и к заземлению. В последней главе описаны основные виды цепей управления, лестничные логические схемы, а также рассмотрены отдельные элементы и режимы управления. В приложениях приведены методики проверки элементов силовой электроники, признаки, причины и анализ неисправностей, а также защитные средства и их месторасположение в низковольтных сетях.

Книга предназначена для электромехаников, операторов и мастеров, обслуживающих современные электроприводы. Она может оказаться полезной студентам и преподавателям электротехнических специальностей.

# Оглавление

<b>1. Электрические цепи и электротехнические устройства</b>	<b>15</b>
1.1. Основные понятия электротехники .....	15
1.2. Трансформатор .....	18
1.2.1. Идеальный трансформатор .....	20
1.2.2. Типы трансформаторов .....	20
1.2.3. Немного полезной информации .....	21
1.2.4. Схемы включения однофазного трансформатора .....	21
1.2.5. Трёхфазные трансформаторы .....	23
1.2.6. Тестирование трансформаторов .....	27
1.2.7. Два ответа на часто задаваемые вопросы .....	28
1.3. Основные принципы работы электрических машин .....	29
1.3.1. Механическая и электрическая формы энергии .....	29
1.3.2. Основные положения электромагнетизма .....	30
1.3.3. Принцип действия электродвигателя .....	32
1.3.4. Принцип действия генератора .....	33
1.3.5. Устройство электрической машины .....	33
1.3.6. Основные принципы работы электрических машин .....	35
1.3.7. Типы обмоток электрической машины .....	35
1.3.8. Типы электродвигателей .....	36
1.3.9. Основные характеристики электрических машин .....	39
1.4. Мощность переменного тока .....	39
1.4.1. Мощность однофазной системы .....	39
1.4.2. Мощность трёхфазной системы .....	40
1.4.3. Измерение мощности трёхфазной системы .....	42
1.5. Измерительные приборы, используемые при диагностике	43
<b>2. Силовые и управляющие цепи</b>	<b>45</b>
2.1. Элементы и их обозначения .....	45
2.2. Электрические цепи .....	45
2.2.1. Силовые цепи .....	47
2.2.2. Управляющие цепи .....	48
2.3. Чтение электрических схем .....	50
2.3.1. Введение .....	50
2.3.2. На что обращать внимание при чтении электрической схемы	51
2.4. Понятие лестничной логики .....	60
2.4.1. Терминология ПЛК .....	61
2.4.2. Лестничная логическая схема .....	61
2.4.3. Основные термины лестничной логики .....	62
2.4.4. Инструкции лестничной логики .....	63
2.4.5. Инструкция «КОНЕЦ» .....	63
2.4.6. Примеры простых инструкций лестничной логики .....	63
2.4.7. Лестничная логическая схема .....	63
2.5. Нумерация проводов и клемм .....	65
<b>3. Основные принципы диагностики</b>	<b>68</b>
3.1. Введение .....	68
3.2. Диагностика силовых и управляющих цепей .....	70
3.3. Проверка целостности обесточенной цепи .....	71
3.4. Проверка целостности цепи под напряжением .....	74
3.5. Система контроля электрических цепей .....	76
3.6. Приборы — индикаторы .....	76
3.6.1. Ламповые индикаторы .....	77
3.6.2. Индикаторы напряжения .....	78
3.7. Аналоговые и цифровые измерительные приборы .....	79
3.7.1. Измерители напряжения и тока .....	80
3.7.2. Мультиметры .....	82
3.7.3. Электронно-лучевой осциллограф .....	85
3.7.4. Стандарты безопасности для измерительных инструментов	87
3.7.5. Измерители сопротивления изоляции, или мегомметры ..	87
3.7.6. Вспомогательные испытательные приборы .....	88

3.8.	Электрические схемы .....	91
3.8.1.	Чтение электрической схемы .....	91
3.8.2.	Схемы соединений .....	92
3.9.	Проверка разводки цепей .....	93
3.9.1.	Контроль сопротивления изоляции .....	95
3.9.2.	Дополнительные проверки .....	95
3.10.	Тесты при диагностике оборудования .....	99

#### **4. Диагностика электродвигателей 100**

4.1.	Введение .....	100	
4.2.	Трёхфазные электродвигатели .....	101	
4.2.1.	Принцип действия трёхфазных асинхронных электродвигателей .....	101	
4.2.2.	Механические характеристики асинхронного электродвигателя .....	103	
4.2.3.	Пуск асинхронного электродвигателя .....	104	
4.2.4.	Потери и КПД асинхронного электродвигателя .....	105	
4.2.5.	Принцип действия трёхфазного синхронного электродвигателя .....	106	
4.2.6.	V-образные кривые .....	108	
4.2.7.	КПД и потери синхронного электродвигателя .....	108	
4.2.8.	Качание скорости вращения синхронных электродвигателей .....	110	
4.2.9.	Принцип действия трёхфазного электродвигателя с фазным ротором .....	111	
4.2.10.	Пуск электродвигателя с фазным ротором .....	112	
4.3.	Основы работы однофазных электродвигателей .....	113	
4.3.1.	Типы однофазных электродвигателей .....	113	
4.3.2.	Типы однофазных асинхронных электродвигателей .....	114	
4.3.3.	Однофазный электродвигатель с последовательным возбуждением (универсальный электродвигатель) .....	117	
4.3.4.	Однофазный синхронный электродвигатель .....	118	
4.4.	Электродвигатели постоянного тока .....	118	
4.4.1.	Типы электродвигателей постоянного тока .....	118	
4.4.2.	Отличительные особенности электродвигателей постоянного тока .....	122	
4.5.	Корпуса электродвигателей .....	124	
4.6.	Обозначение клемм электродвигателя и схема подключения .....	126	
4.7.	Номинальная мощность и изоляция электродвигателя .....	127	
4.7.1.	Номинальная мощность электродвигателя .....	127	
4.7.2.	Изоляция и изоляционные материалы электродвигателя .....	128	
4.8.	Подключение электродвигателей .....	129	
4.8.1.	Подключение многоскоростного электродвигателя .....	129	
4.8.2.	Подключение электродвигателя на два напряжения питания .....	130	
4.8.3.	Подключение электродвигателя постоянного тока .....	130	
4.9.	Работа электродвигателя в прямом и обратном направлении .....	130	
4.9.1.	Асинхронный электродвигатель .....	130	
4.9.2.	Электродвигатели постоянного тока .....	132	
4.10.	Способы торможения электродвигателя .....	133	
4.10.1.	Методы электрического торможения электродвигателя .....	135	
4.10.2.	Торможение асинхронных электродвигателей .....	136	
4.10.3.	Торможение синхронных электродвигателей .....	141	
4.10.4.	Торможение электродвигателя постоянного тока с параллельным возбуждением .....	142	
4.10.5.	Торможение электродвигателя постоянного тока с последовательным возбуждением .....	143	
4.11.	Тестирование электродвигателя .....	144	
4.11.1.	Методы тестирования машин постоянного тока .....	144	
4.12.	Контролируемые параметры электродвигателя .....	151	
4.13.	Отказы в электродвигателе и способы продления срока его службы .....	151	
4.14.	Таблица проверки цепи управления электродвигателя .....	152	
4.15.	Таблица проверки пускателя электродвигателя .....	155	

#### **5. Коммутационное оборудование 158**

5.1.	Введение .....	158
5.2.	Коммутаторы и автоматические выключатели .....	159
5.2.1.	Коммутаторы .....	159
5.2.2.	Автоматические выключатели .....	160
5.2.3.	Малогабаритные автоматические выключатели .....	161
5.2.4.	Автоматические выключатели в литом корпусе .....	161
5.2.5.	Масляные выключатели .....	162
5.2.6.	Воздушные выключатели .....	162

5.2.7. Вакуумные выключатели .....	163	
5.2.8. Элегазовые выключатели .....	164	
5.2.9. Высоковольтные выключатели .....	165	
5.2.10. .... Автоматические выключатели электродвигателей .....	165	
5.3. Защита от перегрузок и коротких замыканий .....	167	
5.3.1. Защита от перегрузок и коротких замыканий в цепях электродвигателей .....	167	
5.3.2. Биметаллическое реле защиты одной фазы .....	167	
5.3.3. Реле обрыва фазы .....	169	
5.3.4. Реле защиты обмотки .....	169	
5.4. Распределительные щиты .....	169	
5.4.1. Распределительные щиты панельного типа с непосредственным управлением .....	170	
5.4.2. Распределительные щиты панельного типа с дистанционным механическим управлением .....	170	170
5.4.3. Распределительные щиты платформенного типа с непосредственным управлением .....	170	170
5.4.4. Электрически управляемые распределительные щиты ..	170	
5.5. Центр управления электродвигателями .....	171	
<b>6. Диагностика приводов с регулированием скорости вращения</b> .....	172	
6.1. Применение приводов с регулированием скорости вращения .....	172	
6.2. Основные элементы привода с регулированием скорости вращения .....	173	
6.2.1. Привод с регулированием скорости вращения .....	173	
6.2.2. Преобразователи .....	173	
6.3. Силовые электронные компоненты .....	175	
6.3.1. Силовые диоды .....	176	
6.3.2. Силовые тиристоры .....	178	
6.3.3. Запираемые силовые электронные приборы .....	179	
6.4. Электроприводы с регулированием скорости вращения .....	188	
6.4.1. Управление скоростью вращения электродвигателя переменного тока .....	188	
6.4.2. Управление скоростью вращения электродвигателя постоянного тока .....	191	
6.5. Силовые выпрямители (AC/DC) .....	191	
6.5.1. Допущения .....	192	
6.5.2. Трёхфазная коммутация мостом из шести диодов .....	195	
6.5.3. Линейно-коммутируемый диодный выпрямительный мост .....	196	
6.5.4. Линейно-коммутируемый тиристорный выпрямительный мост .....	200	
6.5.5. Четырёхквadrантный управляемый тиристорный выпрямитель .....	208	
6.6. Инверторы (DC/AC) .....	209	
6.6.1. Однофазный прямоугольно-импульсный инвертор .....	210	
6.6.2. Однофазный инвертор с широтно-импульсной модуляцией .....	213	
6.6.3. Трёхфазный инвертор .....	217	
6.7. Общая защита и диагностика .....	219	
6.7.1. Защита регулируемого электропривода .....	219	
6.7.2. Модуль оператора и диагностика неисправностей .....	219	
6.8. Руководство по монтажу и вводу в эксплуатацию .....	222	
6.9. Требования к подключению источника питания и к заземлению .....	227	
6.9.1. Требования к подключению кабелей .....	227	
6.9.2. Силовые кабели питания .....	228	
6.9.3. Кабель между преобразователем и электродвигателем ..	229	
6.9.4. Кабели управления .....	230	
6.9.5. Требования к заземлению .....	231	
6.9.6. Распространённые ошибки при разводке кабелей .....	231	
6.10. Проблемы безопасности при пуске/останове электроприводов .....	232	
6.11. Разводка цепей управления регулируемых электроприводов .....	235	
6.11.1. Дистанционное управление регулируемым электроприводом .....	235	
6.11.2. Непосредственное подключение к системе управления ПЛК .....	236	
6.11.3. Последовательный обмен информацией с системой управления ПЛК .....	237	237
6.12. Ввод регулируемого электропривода в эксплуатацию ...	237	
6.12.1. .... Предварительная проверка состояния оборудования .....	237	
6.12.2. .... Последовательность операций перед запуском .....	238	
6.12.3. .... Выбор установочных параметров .....	238	
<b>7. Диагностика цепей управления</b> .....	241	
7.1. Основные виды цепей управления .....	241	
7.1.1. Цепь управления пускателя с прямым пуском от сети ...	241	
7.1.2. Трёхфазный пускатель переключением со «звезды» на «треугольник» .....	243	

7.1.3. Автотрансформаторный трёхфазный пускатель .....	245
7.2. Лестничные логические схемы .....	247
7.2.1. Цифровые входы .....	247
7.2.2. Цифровые выходы .....	247
7.3. Двухпроводное управление .....	248
7.4. Трёхпроводное управление пуском/остановом .....	249
7.5. Цепи для толчкового режима работы .....	249
7.5.1. Цепь с использованием кнопок «Пуск», «Стоп», «Толчок» .....	249
7.5.2. Толчковый режим работы .....	250
7.5.3. Цепь с использованием переключателя «Пуск/Стоп/Толчок» .....	250
7.6. Последовательный пуск .....	251
7.7. Автоматический последовательный пуск .....	253
7.8. Цепь реверсирования .....	253
7.8.1. Цепь толчкового типа с использованием переключателя «Вперед/Назад/Выкл» .....	256
7.8.2. Цепь запираемого типа с использованием кнопок «Вперед», «Назад» и «Стоп» .....	257
7.9. Останов противовключением и защита от противовключения .....	258
7.9.1. Противовключение .....	258
7.9.2. Защита от противовключения .....	260
7.10. Управление двухскоростным электродвигателем .....	261
7.11. Защита от перегрузки .....	261
7.12. Примеры диагностики .....	263
7.13. Методика диагностики .....	265
7.13.1. Предварительные рекомендации .....	265
7.13.2. ..... Основной список документов для диагностики .....	265
7.14. Упражнение в разработке лестничной логики .....	266

## Приложение А

<b>Единицы измерения и их обозначения.....</b>	<b>267</b>
--	------------

## Приложение Б

<b>Диагностика .....</b>	<b>268</b>
Б.1. Проверка компонентов .....	268
Б.1.1. Проверка диодов .....	268
Б.1.2. Проверка тириستоров .....	270
Б.1.3. Проверка симисторов .....	271
Б.1.4. Проверка биполярных транзисторов .....	272
Б.1.5. Диагностика схем на биполярных транзисторах .....	274
Б.1.6. Проверка полевых транзисторов .....	276
Б.1.7. Диагностика схем на полевых транзисторах с управляющим р-n-переходом.....	277
Б.1.8. Диагностика операционных усилителей .....	279
Б.1.9. Конспект .....	280
Б.1.10. .... Контрольные вопросы .....	280
Б.2. Методы диагностики .....	281
Б.2.1. Признак и причина неисправности .....	281
Б.2.2. Методы диагностики .....	282
Б.2.3. Анализ неисправности .....	284
Б.2.4. Конспект .....	288
Б.2.5. Контрольные вопросы .....	289

## Приложение В

<b>Низковольтные сети .....</b>	<b>290</b>
В.1. Введение .....	290
В.2. Воздушные автоматические выключатели .....	291
В.3. Автоматические выключатели в литом корпусе .....	291
В.3.1. Литой корпус .....	292
В.3.2. Рабочий механизм .....	293
В.3.3. Контакты и дугогасители .....	294
В.3.4. Элементы защиты .....	295
В.3.5. Клеммные соединители .....	300
В.3.6. Комплектующие автоматических выключателей .....	300
В.4. Селективное согласование .....	301

В.4.1. Автоматические выключатели в литом корпусе .....	304
В.4.2. Время расцепления автоматического выключателя в литом корпусе .....	306
В.4.3. Полностью защищённые системы .....	306
В.5. Защита от утечки на землю .....	310
В.5.1. Конструкция .....	311
В.5.2. Описание принципа действия .....	313
В.5.3. Применение и согласование реле утечки на землю .....	313
В.5.4. Основные принципы оптимальности .....	314

