

Honeywell

Infineon
Technologies

EPCOS

SICK

VISHAY

BOURNS
Reliable Electronic Solutions

IQR

Tyco
Electronics
Our commitment. Your advantage.

Panasonic
ideas for life

CRYDOM

DATA VISION

MITSUBISHI
ELECTRIC

Kingbright

muRata
Innovator in Electronics

velleman

ПЛАТАН
www.platan.ru

Офисы в Москве: м. Молодежная: ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (495) 97 000 99, platan@aha.ru;
м. Новослободская: 1-й Щемиловский пер., 16, стр.2 (495) 744 70 70, platan@platan.ru

Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44 (812) 232 88 36, baltika@platan.spb.ru

Представительства: Воронеж (4732) 59-76-92; Казань (8432) 92-18-06; Киев +38 (044) 400-20-88, +38 (044) 537-36-71;
Новосибирск (383) 216-33-66, 216-57-73; Омск (3822) 55-65-30, 55-95-73; Ульяновск (8422) 300-150; Уфа (347) 235-63-73, 233-11-37

CRYDOM
www.crydom.ru

ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- ❖ твердотельные реле
- ❖ диодные и тиристорные модули
- ❖ силовые модули с опторазвязкой
- ❖ линейные регуляторы нагрузки
- ❖ фильтры подавления помех для реле



НОВАЯ / РОССИЯ
электроника 19–21
АПРЕЛЯ 2011
ФОРУМ И ВЫСТАВКА. МОСКАВА. ЭКСПОЦЕНТР.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЛЕ

Устройство, принцип действия
и применения

«солон»

Впервые на русском языке!

КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ
СЕРИЯ

В. И. Гуревич

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЛЕ

Устройство, принцип действия и применения
НАСТОЛЬНАЯ КНИГА ИНЖЕНЕРА



История реле

- Электронные реле
- Классические реле и их полупроводниковые аналоги
- Высоковольтные реле
- Мало известные и экзотические реле
- Реле защиты
- Свыше 1000 иллюстраций
- Множество примеров применения

ISBN 5-91359-086-2
9 785913 590862

Серия «Компоненты и Технологии»

В. И. Гуревич

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЛЕ

**Устройство, принцип действия
и применения**

НАСТОЛЬНАЯ КНИГА ИНЖЕНЕРА

**Москва
СОЛОН-ПРЕСС
ДМК Пресс
2011**

**УДК 621.397
ББК 32.94-5
Г 95**

В. И. Гуревич

Г95 Электрические реле. Устройство, принцип действия и применения.
Настольная книга электротехника. Серия «Компоненты и Технологии». —
М.: СОЛОН-Пресс, 2011. — 688 с.: ил.

В книге описаны устройство, принцип действия и применение электрических реле всех основных типов, как распространенных, так и мало известных. По широте охвата этой темы книга является уникальной и в этом смысле представляет собой первую иллюстрированную энциклопедию электрических реле.

Значительное внимание уделено истории создания реле различных типов, которая, обычно далеко не всегда известна специалистам, хотя интересна сама по себе, а ее знание почти всегда подчеркивает компетентность специалиста.

При рассмотрении отдельных видов сложных реле, например, электронных, рассматриваются также смежные вопросы устройства и принципа действия компонентов реле (в данном случае вакуумных, газоразрядных и полупроводниковых приборов), что позволяет читателю понять принцип действия описываемых реле без необходимости обращения к дополнительным источникам.

Книга написана понятным и доступным языком, без использования математического аппарата но при этом снабжена большим количеством иллюстраций (свыше 1000), что делает ее привлекательной не только для специалистов в области реле, но и для широкого круга инженеров, техников, студентов, желающих пополнить свои знания об электрических реле. Лекторы курсов и преподаватели университетов найдут в этой книге много ценного материала для своих лекций.

Рекомендуется студентам и преподавателям ВУЗов и ССУЗов, специалистам НИИ, КБ и других предприятий, а также библиотекам предприятий и учебных заведений.

ISBN (СОЛОН-ПРЕСС) 978-5-91359-086-2

ISBN (ДМК Пресс) 978-5-94074-712-3

КНИГА — ПОЧТОЙ

Книги издательства «СОЛОН-ПРЕСС» можно заказать наложенным платежом (оплата при получении) по фиксированной цене. Заказ оформляется одним из трех способов:

1. Послать открытку или письмо по адресу: 123001, Москва, а/я 82.
2. Оформить заказ можно на сайте www.solon-press.ru в разделе «Книга — почтой».
3. Заказать по тел. (499) 254-44-10, 252-73-26.

Бесплатно высыпается каталог издательства по почте.

При оформлении заказа следует правильно и полностью указать адрес, по которому должны быть высланы книги, а также фамилию, имя и отчество получателя. Желательно указать дополнительно свой телефон и адрес электронной почты.

Через Интернет вы можете в любое время получить свежий каталог издательства «СОЛОН-ПРЕСС», считав его с адреса www.solon-press.ru/kat.doc.

Интернет-магазин размещен на сайте www.solon-press.ru.

По вопросам приобретения обращаться:

ООО «Альянс-книга КТК»

Тел: (495) 258-91-94, 258-91-95, www.alians-kniga.ru

Ответственный за выпуск: В. Митин Верстка и обложка: СОЛОН-ПРЕСС

ООО «СОЛОН-ПРЕСС». 103050, г. Москва, Дегтярный пер., д. 5, стр. 2

Формат 70x100/16. Объем 43 п. л. Тираж 1000

ISBN (СОЛОН-ПРЕСС) 978-5-91359-086-2

ISBN (ДМК Пресс) 978-5-94074-712-3

© Макет и обложка «СОЛОН-ПРЕСС», 2011

© «ДМК Пресс», 2011

© В. И. Гуревич, 2011

Содержание

1. Истоки	3
1.1. Реле и лошади	3
1.2. От Эрстэда до Генри	4
1.3. Профессор рисования С. Морзе	12
1.4. Реле Эдисона	17
1.5. Первые промышленные реле России	19
2. Магнитные системы реле	25
2.1. Основные элементы электромагнитного реле.....	25
2.2. Гистерезис и коэрцитивная сила.....	27
2.3. Основные типы магнитных систем	28
2.4. Чем отличаются реле переменного тока от реле постоянного тока	40
2.5. Некоторые вспомогательные элементы, улучшающие работу реле	43
2.6. Что происходит при срабатывании реле.....	46
2.7. Обмотки реле	48
3. Контактная система.....	56
3.1. Конструкции основных типов контактов.....	56
3.2. Серебро, золото, платина.....	59
3.3. Контакты с двухступенчатой коммутацией	61
3.4. Зачем нужно «контактное нажатие»	62
3.5. Контакты, которые сами себя чистят	64
3.6. Контакты, которые сами себя регулируют	67
3.7. Когда мощность не равна произведению тока на напряжение.....	69
3.8. Раздвоенные... безобрывные... высокочастотные...	74
3.9. Компенсация ударов и электродинамических сил в контактах	78
3.10. Искра на контактах и борьба с ней	83
3.11. Контактные системы большой мощности	90
3.12. Ртутные реле	100
4. Внешнее оформление реле.....	105
4.1. Влияние внешней среды на реле	105
4.2. Дерево и картон — первые защитные оболочки реле	107
4.3. Всегда ли герметичное реле лучше открытого?	111
4.4. Выводы, контактные колодки, «контейнеры» для реле	113
4.5. Индикаторы срабатывания и тестовые кнопки	126
4.6. Реле, которые совсем не похожи на реле	129

5. Герконы и герконовые реле	133
5.1. Кто изобрел геркон	133
5.2. Фейерверк идей и конструкций	138
5.3. Герконы повышенной мощности	148
5.4. Мембранные герконы	156
5.5. Ртутные герконы	159
5.6. Высоковольтные герконы	163
5.7. Герконы с жидкостным наполнением	165
5.8. Поляризованные и запоминающие герконы	166
5.9. Герконовые реле	173
5.10. Ртутные герконовые реле	182
5.11. Безобмоточные герконовые реле	183
6. Высоковольтные реле	187
6.1. Что такое «высоковольтное реле»	187
6.2. Открытые реле, коммутирующие высокие напряжения	187
6.3. Вакуумные и газонаполненные высоковольтные реле малой мощности	191
6.4. Мощные вакуумные реле и контакторы	198
6.5. Высоковольтные герконовые реле	203
6.6. Высоковольтные интерфейсные реле	208
7. Электронные реле	220
7.1. Изобрел ли Т. Эдисон «лампу Эдисона»?	220
7.2. Радиолампа Ли де-Форест: от рождения до наших дней	222
7.3. Как работает радиолампа	226
7.4. Реле на вакуумных электронных лампах	228
7.5. Газонаполненные лампы с релейной характеристикой	231
7.6. Мощные ртутные вентили	234
7.7. Электронно-лучевые коммутаторы	237
7.8. Полупроводниковые реле	238
7.9. Оптоэлектронные реле	291
7.10. Сверхмощные электронные реле	296
7.11. Гибридные реле	299
8. Реле времени	306
8.1. Электромагнитные реле времени	306
8.2. Конденсаторные реле времени	311
8.3. Реле с часовым механизмом	312
8.4. Пневматические и гидравлические реле времени	318
8.5. Электронные реле времени	321
8.6. Приставки к обычным электромагнитным реле	333
8.7. Ускоренные (форсированные) реле	336
9. Тепловые реле	339
9.1. Реле на основе биметаллического теплового элемента	340
9.2. Защитные тепловые реле	344

9.3. Автоматические выключатели с тепловым элементом	349
9.4. Дилатометрические тепловые реле.....	355
9.5. Манометрические тепловые реле	356
9.6. Ртутные термореле	358
9.7. Тепловые реле на герконах	359
9.8. Полупроводниковые термоэлементы и термореле.....	360
10. Реле тока и напряжения	367
10.1. Что такое «защитные реле»	367
10.2. Трансформаторы тока и напряжения.....	368
10.3. Реле тока и напряжения мгновенного действия	391
10.4. Токовые реле с независимой выдержкой времени	418
10.5. Токовые реле с зависимой выдержкой времени	431
10.6. Реле с торможением по гармоникам и напряжению.....	451
10.7. Импульсные реле тока.....	456
11. Реле мощности и направления мощности	459
11.1. Реле индукционного типа	459
11.2. Характеристики реле направления мощности	462
11.3. Реле электродинамического типа	465
11.4. Электронные аналоги реле направления мощности.....	468
12. Дифференциальные реле.....	476
12.1. Принципы построения дифференциальной защиты	476
12.2. Высокоомпенсационные дифференциальные реле	479
12.3. Дифференциальные реле с элементами смещения.....	487
12.4. Электромагнитное процентно-дифференциальное реле	490
12.5. Дифференциальные реле индукционного типа.....	494
12.6. Реле с соединительными проводами (с проводным каналом).....	503
13. Дистанционные реле.....	513
13.1. Принцип действия и основные характеристики дистанционной защиты....	513
13.2. Качания в системе	519
13.3. Принципы построения дистанционных реле	522
13.4. Зачем нужна «память» дистанционным реле.....	529
13.5. Дистанционные реле с улучшенными характеристиками	531
13.6. Электронные аналоги реле импеданса.....	537
14. Реле частоты.....	545
14.1. Зачем нужно контролировать частоту в энергосистеме	545
14.2. Чарльз Штайнметц (C. Steinmetz) — изобретатель реле частоты.....	546
14.3. Реле частоты индукционного типа	547
14.4. Резонансные реле.....	554
14.5. Электронные реле частоты.....	554

15. Микропроцессорные реле: перспективы и проблемы	564
15.1. Общая структура и конструктивное исполнение МУРЗ	564
15.2. Модули аналоговых входов	569
15.3. Модули выходных реле.....	571
15.4. Модули цифровых (логических) входов.....	575
15. 5. Модуль центрального процессора	580
15. 6. Внутренний источник питания	598
15. 7. Система самодиагностики МУРЗ	607
15. 8. Немного о будущем	613
16. Специальные реле	614
16.1. Поляризованные реле	614
16.2. Реле с самоблокировкой (с защелкой).....	619
16.3. Реле шагового действия (шаговые искатели)	633
16.4. Роторные реле	637
16.5. Реле с поворотной катушкой	639
16.6. Реле с полупроводниковыми драйверами (усилителями)	644
16.7. Магнито-гидро-динамические реле.....	649
16.8. Сигнальные и указательные реле	652
16.9. Реле-мигалки	656
16.10. Газовые реле	660
16.11. Реле безопасности	667
16.12. Реле земляной защиты.....	674



Владимир Игоревич Гуревич родился в г. Харькове (Украина) в 1956 г.

В 1978 г. окончил факультет электрификации Харьковского национального технического университета им. П. Василенко по специальности «Электроснабжение с.х.». С 1980 по 1983 г. учился в аспирантуре. В 1986 г. защитил кандидатскую диссертацию в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» по специальности «Электрические аппараты». Работал преподавателем, и.о. доцента Харьковского национального технического университета им.

П. Василенко, главным инженером и директором Научно-технического предприятия «Инвентор» (г. Харьков). Руководил несколькими проектами по разработке новых видов аппаратуры, выполняемых по заказам Министерств оборонных отраслей промышленности СССР, после распада СССР занимался разработкой и организацией производства устройств автоматики для электроэнергетики.

В 1994 г. эмигрировал в Израиль и с 1998 г. работал директором малого научно-технического предприятия «», а в настоящее время работает в Электрической компании Израиля в должности инженера-специалиста, начальника сектора Центральной электрической лаборатории.

С 2006 г. Почетный профессор Харьковского национального технического университета им. П. Василенко. С 2007 г. эксперт комитета ТС-94 Международной электротехнической комиссии (МЭК).

В. Гуревич автор 4 книг, свыше 120 изобретений и 130 научно-технических статей.