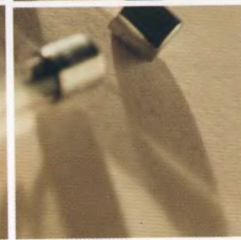


М.А. Шустов

КОНТРОЛЬ И ЗАЩИТА ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Практическая
схемотехника



книга 4

симметрон комплексные
поставки
электронных
компонентов

ГРУППА КОМПАНИЙ  www.symmetron.ru

Популярный ежемесячный
журнал по практической
радиоэлектронике.

Подписка в любом
отделении связи.

Подписной индекс 74435

По вопросам размещения рекламы,
подписки и реализации обращайтесь
по телефону в Москве:
(495) 780-46-61
e-mail: dsv@searu.com
www.searu.com
Для писем: 125190, г. Москва, а/я 12
ООО "СЭА Электроникс"

<http://www.re-publish.com.ua>

РАДИОАМАТОР

Практическая радиоэлектроника

Аудио Видео Электроника Компьютер КВ+УКВ Связь СКТВ



Телевизоры фирмы DAEWOO на шасси WP811N

FM-приемники, особенности и перспективы коэффициента передачи выходных транзисторов УМЗЧ

Ремонт телевизоров фирмы ZVC и Aino
Пятиламповый радиоприемник "Рекорд"

Селективный двухчастотный металлоискатель "Кощей"

Формирователи обратной связи

Ручной малогабаритный электронный тестер MS48

Предупреждение перегрева кулеров компьютера

Ремонт стральных машин Indesit WDS 1040 TX и Ariston AS 1047 CTX

Буферные усилители в практике ремонта, конструирования и модернизации аппаратур

Виртуальный частотомер

Описание программируемых логических матриц фирмы ALTERA

Микроконтроллеры PIC

Любительская связь и радиоспорт

150
номеров
для наших
читателей

Популярный международный
электротехнический журнал

Подписка в любом
отделении связи.

Подписной индекс 22901

По вопросам размещения рекламы,
подписки и реализации обращайтесь
по телефону в Москве:
(495) 780-46-61
e-mail: dsv@searu.com
www.searu.com
Для писем: 125190, г. Москва, а/я 12
ООО "СЭА Электроникс"

Радиометр

адрес: 125190, г. Москва, а/я 12

<http://www.searu.com>

ЭЛЕКТРИК

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ТЕМА НОМЕРА:

**ЭЛЕКТРОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Принципиально новые струйные
энергетические технологии

Лучшие электродвигатели России

Энергосберегающее
регулирование



Серия «Практическая схемотехника»

М. А. Шустов

**ПРАКТИЧЕСКАЯ
СХЕМОТЕХНИКА**

Книга 4

**КОНТРОЛЬ И ЗАЩИТА
ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ**

2-е издание, стереотипное



Москва
Издательский дом «Додэка- XXI»
«Альтекс»
2007



УДК 621.38
ББК 32.85
Ш97

Шустов М. А.
Ш97 Практическая схемотехника. Книга 4. Контроль и защита источников питания. 2-е изд. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», «Альтекс», 2007. — 184 с.: ил. (серия «Практическая схемотехника»).

ISBN 978-5-94120-123-5 (Изд. дом «Додэка-XXI»)

ISBN 978-5-94271-034-7 («Альтекс»)

В этой книге освещены вопросы инструментально-приборного и качественного контроля параметров источников питания; различные методы активной и пассивной защиты электронного оборудования при возникновении аварийных ситуаций; основные способы резервирования цепей питания и нагрузки; устройства и методы восстановления химических источников питания — батарей и аккумуляторов.

Материалы сборника могут быть использованы в качестве справочного пособия при разработке и совершенствовании источников питания, средств и методов их контроля и защиты.

Сборник может оказаться полезным в практической деятельности радиолюбителей и профессионалам различного уровня подготовки.

УДК 621.38
ББК 32.85

Михаил Анатольевич Шустов

ПРАКТИЧЕСКАЯ СХЕМОТЕХНИКА

Книга 4

КОНТРОЛЬ И ЗАЩИТА ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Научный редактор *И. Кольцов*

Литературный редактор *М. Меньшов*

Подписано в печать 27.11.2006. Формат 60 x 88/16. Бумага типографская № 2.

Гарнитура «Helios». Печать офсетная. Объем 11,5 п. л. Усл. печ. л. 11,27.

Тираж 1 500 экз. Изд. № 177.

Издательский дом «Додэка-XXI»

ОКП 95 3000

105318 Москва, а/я 70

Тел./факс (495) 366-24-29, 366-81-45

E-mail: books@dodeca.ru; red@dodeca.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в типографии «Гран При», г. Рыбинск

ISBN 978-5-94120-123-5 (Изд. дом «Додэка-XXI»)

ISBN 978-5-94271-034-7 («Альтекс»)

© «Альтекс», 2002—2007

© Шустов М. А., 2002—2007

© Оформление. Издательский дом «Додэка-XXI», 2007

Содержание

Введение	4
1. Контроль и индикация параметров источников питания . .	6
2. Пробники и индикаторы напряжения	17
3. Устройства и элементы защиты аппаратуры и человека .	33
4. Защита электронных устройств от перенапряжения	41
5. Электронные предохранители и ограничители постоянного и переменного тока	47
6. Электронные предохранители переменного тока.	60
7. Полупроводниковые самовосстанавливающиеся элементы защиты электронных схем	64
8. Индикаторы отказа элементов схем	71
9. Индикаторы аварийного отключения источника питания .	80
10. Схемы резервирования источников питания	85
11. Резервирование элементов устройств	95
12. Стабилизация параметров и защита цепей нагрузки . . .	101
13. Методы восстановления химических источников тока . . .	118
14. Слаботочные зарядные устройства	121
15. Слаботочные зарядные устройства с бестрансформаторным сетевым питанием	137
16. Зарядные устройства повышенной мощности	145
17. Расчет разрядных характеристик элементов питания . . .	159
Приложение. Правила техники безопасности.	164
Список литературы	166

Введение

Одним из актуальных вопросов обеспечения надежной работы радиоэлектронной аппаратуры был и остается вопрос обеспечения ее бесперебойным и качественным питанием. Авария источника питания, стоимость которого не превышает нескольких процентов от цены всего изделия, порой может погубить ценнейшее радиоэлектронное оборудование и обернуться катастрофой. Более того, в результате повреждения источник питания может стать опасным для жизни человека.

Для количественного определения параметров источников питания используют разнообразные приборы, однако, иногда достаточно обеспечить хотя бы качественный контроль наличия питающих напряжений, уделив больше внимания вопросам защиты электронных устройств. В этой связи в настоящем сборнике впервые, пожалуй, будет дана развернутая характеристика активных и пассивных методов защиты радиоэлектронных схем и иных устройств от перенапряжения, контроля отклонения питающих напряжений от нормы, перегрузки по току, а также рассмотрены вопросы использования как одноразовых устройств защиты, так и многоразовых — на основе электронных схем и специализированных полупроводниковых приборов.

Возникновение нештатной или аварийной ситуации в процессе эксплуатации электронных приборов, провоцируемой или связанной с некондиционным питанием, а также длительная работа в неблагоприятных эксплуатационных режимах отрицательно сказывается на благополучном исходе ремонтно-восстановительных работ. Поэтому важным представляется использование приборов, позволяющих не только защитить ценное оборудование, но и оповестить о возникновении нештатной ситуации — срабатывании защиты, отключения по той или иной причине нагрузки или самого питающего напряжения.

В книге также рассмотрены вопросы резервирования и дублирования элементов и функций радиоэлектронного или электротехнического оборудования в процессе эксплуатации, методов

обеспечения безотказной работы (преимущественно на примере ламп накаливания и кинескопов).

Также уделено внимание химическим источникам электрической энергии — батареям и аккумуляторам, методам восстановления их работоспособности, зарядным устройствам и новым методам регенерации свойств химических элементов питания.

1. Контроль и индикация параметров источников питания

Контроль наличия трехфазного напряжения может быть осуществлен при помощи индикатора по схеме на рис. 1.1. Он содержит в каждой фазе токоограничительный резистор ($R1 — R3$) [1.1]. На выходе резисторов звездой включены слаботочные газоразрядные источники света — неоновые лампы. Если одна из фаз отключится, например, А, погаснут индикаторы HL1 и HL3, поскольку падения напряжения на горящем индикаторе HL2 будет недостаточно для инициирования разряда в последовательно соединенных индикаторах HL1 и HL3.

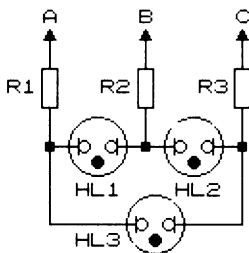


Рис. 1.1. **Схема индикатора наличия напряжения в трехфазной сети**

Для определения «фазы» традиционно используют индикаторные отвертки с индикаторами, выполненными на неоновых лампах. Такое устройство содержит неоновую лампу и последовательно включенный токоограничивающий резистор с сопротивлением не менее $0,5\text{ МОм}$. При подключении индикаторной отвертки к «фазовому» проводу через этот резистор, неоновую лампу и тело человека протекает ток, достаточный для неяркого свечения неоновой лампы.

Подобные индикаторы позволяют контролировать наличие напряжений, превышающих напряжение зажигания неоновой лампы, т.е. $60...90\text{ В}$ и не могут быть использованы для определения полярности в цепях постоянного тока.

1. Контроль и индикация параметров

В последние годы появилась альтернатива индикаторам «фазы» на неоновых лампах. Один из них — на основе жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) [1.2, 1.3].

В качестве индикатора «фазы» В. Харьков применил в индикаторной отвертке вместо неоновой лампы жидкокристаллический индикатор ИЖКЦ2-4/3 от электронных часов [1.2]. Это устройство удобно при повышенной освещенности, поскольку контраст изображения на жидкокристаллическом индикаторе повышается.

Практическая схема использования ЖКИ приведена на рис. 1.2 [1.3]. Схема индикатора принципиального изменения не претерпела: он, как и ранее, содержит последовательно включенные токоограничивающий резистор R1 и индикатор HG1. При касании сенсорной площадки и подключении щупа X1 к фазному проводу на ЖКИ появятся произвольные показания. Малогабаритные ЖКИ следует защитить от перегрузки по напряжению симметричным стабилитроном VD1.

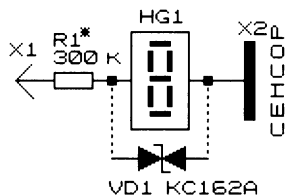


Рис. 1.2. Схема индикатора «фазы» на ЖКИ

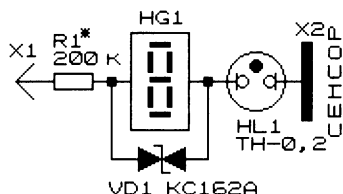


Рис. 1.3. Схема универсального индикатора «фазы»

Чтобы пользоваться индикатором было удобно как при ярком свете, так и в темноте, в него нужно добавить неоновую лампу (рис. 1.3), включив ее последовательно с ЖКИ [1.3].

В обоих индикаторах применены ограничительные резисторы типа МЛТ или С2-33 с номинальной мощностью не менее 0,5 Вт. Двуханодный стабилитрон допустимо заменить двумя

1. Контроль и индикация параметров

включенными встречно-последовательно маломощными стабилизаторами с напряжением стабилизации 3,3...6,8 В. Неоновая лампа во втором приборе типа *ТН-0,2*, *ТН-0,5*, *ТН-0,95*, *МН-6*.

Следует отметить, что индикатор с ЖКИ способен работать с гораздо меньшим напряжением, чем индикатор с неоновой лампой.

Второй альтернативой неоновым лампам являются светодиоды [1.4].

На рис. 1.4 приведена схема индикаторной отвертки, выполненной на полупроводниковом светодиодном индикаторе. При подключении отвертки к «фазе» (и касании пальцем сенсорной площадки отвертки) через ее электрическую цепь на «землю» протекает ток. Он создает падение напряжения на последовательно включенных элементах цепи. На диодном мосте, в диагональ которого включен мостовой релаксационный генератор импульсов, появляется напряжение. Его величины достаточно для возникновения релаксационных колебаний: происходит периодический (с частотой 2...3 Гц при 220 В) разряд конденсаторов на светодиод HL1.

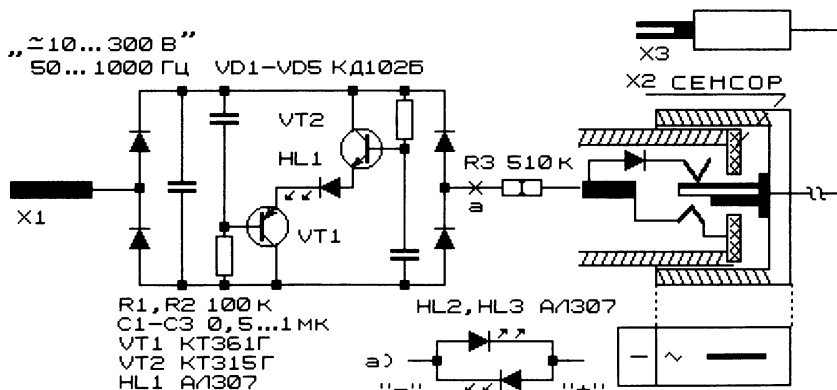


Рис. 1.4. Схема индикатора «фазы», полярности и напряжения на светодиодах

Для индикации напряжения постоянного тока или для повышения яркости свечения индикатора HL1 может быть использован выносной щуп, подключаемый к индикаторной отвертке со стороны сенсорной площадки (см. рис. 1.4). При этом могут быть реализованы следующие варианты подключения: при неполном включении штекера в гнездо последовательно с выносным

1. Контроль и индикация параметров

щупом включается диод VD5; при полном включении штекера диод VD5 отключается (шунтируется); в окне заглушки штекера, соответственно, изменяется надпись (с «—» на «~»). Как вариант, в разрыв цепи (точка «а») могут быть включены светодиоды HL2, HL3 (рис. 1.4 а); в этом случае необходимость в использовании диода VD5 отпадает.

При непосредственном подключении индикаторной отвертки к источнику контролируемого напряжения возможна индикация напряжений от 10 до 300 В и выше при частоте тока до нескольких кГц (определяется частотными свойствами диодов VD1 — VD5).

В качестве диодов VD1 — VD4 могут быть использованы любые низковольтные слаботочные диоды (падение напряжения на элементах моста не превышает 10 В). В качестве диода VD5 может быть использован слаботочный диод (цепочка диодов), предельное обратное напряжение которого в 1,5...2 раза превышает максимальную величину контролируемого напряжения. Для контроля высокочастотных цепей (при напряжении до 100 В) используют высокочастотные диоды.

Другие варианты индикаторов «фазы» на светодиодах с визуальной и аудиовизуальной индикацией рассмотрены в книге [1.5].

Для индикации опасных уровней электрического поля зачастую используют простейшие индикаторы. Описываемые ниже устройства [1.6] могут определять наличие электростатических потенциалов. Эти потенциалы опасны для многих полупроводниковых приборов (микросхем, полевых транзисторов); малейшая искра от статического электричества может вызвать взрыв пылевого или аэрозольного облака. Индикаторы также могут дистанционно определять наличие электрических полей высокой напряженности (высоковольтные и высокочастотные установки, электросиловое высоковольтное оборудование).

Чувствительным элементом всех устройств (рис. 1.5 — 1.10) являются полупроводниковые элементы (полевые транзисторы), электрическое сопротивление которых зависит от напряжения на их управляющем электроде — затворе. При появлении потенциала на управляющем электроде полевого транзистора его сопротивление сток — исток заметно изменяется. Соответственно, изменяется и величина тока, протекающего через полевой транзистор.

1. Контроль и индикация параметров

Изменение тока через полевой транзистор показывают светодиоды. Индикатор (рис. 1.5) содержит три детали: полевой транзистор VT1 — датчик электрического поля; светодиод HL1 — индикатор тока, стабилитрон VD1 — элемент защиты полевого транзистора. Отрезок толстого изолированного провода является антенной. Ее длина 10...15 см. Чем больше длина антенны — тем выше чувствительность устройства.

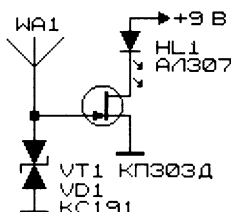


Рис. 1.5. Схема индикатора электрического поля со светодиодом

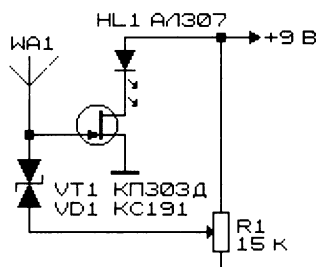


Рис. 1.6. Схема индикатора электрического поля с регулируемой чувствительностью

Индикатор (рис. 1.6) отличается от предыдущего регулируемой чувствительности. Такая новация объясняется тем, что начальный ток через полевой транзистор зависит от начального смещения на его затворе. Для транзисторов даже одной партии изготовления, а, тем более, для транзисторов разных типов, величина начального смещения для обеспечения равного тока через нагрузку заметно отличается. Следовательно, регулируя начальное смещение на затворе транзистора, можно задавать как начальный ток через сопротивление нагрузки (светодиод), так и управлять чувствительностью устройства. Начальный ток через светодиод для схем, приведенных на рис. 1.5 и 1.6 — около 2...3 мА.

1. Контроль и индикация параметров

В индикаторе (рис. 1.7) использованы два разноцветных светодиода (метод цветодинамической индикации). В исходном состоянии при отсутствии электрического поля сопротивление канала исток — сток полевого транзистора невелико. Ток преимущественно протекает через индикатор включенного состояния устройства — светодиод HL1 зеленого цвета. Этот светодиод шунтирует цепочку последовательно соединенных светодиодов HL2 и HL3. При росте напряженности электрического поля сопротивление канала исток — сток полевого транзистора возрастает. Происходит плавное или мгновенное отключение светодиода HL1. Ток от источника питания начинает протекать через последовательно включенные светодиоды HL2 и HL3 красного свечения и ограничительный резистор R1. Эти светодиоды могут быть установлены слева и справа относительно индикатора включения — светодиода зеленого свечения HL1.

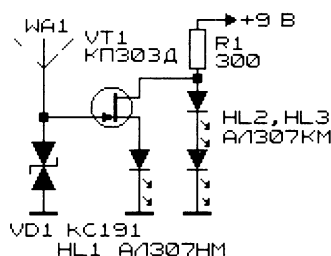


Рис. 1.7. Схема индикатора электрического поля со цветодинамической индикацией

Повысить чувствительность индикаторов электрического поля можно использованием составных транзисторов (как показано на рис. 1.8, 1.9). Принцип их работы тот же. Максимальный ток через светодиоды не должен превышать 20 мА.

Вместо указанных на схемах можно использовать полевые транзисторы и другого типа (особенно в схемах с регулировкой начального смещения на затворе). Стабилитрон защиты может быть с максимальным напряжением стабилизации 10 В, желательно симметричный. Для упрощения и в ущерб надежности в ряде схем (рис. 1.5, 1.7, 1.8) стабилитрон может быть исключен. В этом случае не допускается касание антенной заряженного предмета во избежание повреждения полевого транзистора,

1. Контроль и индикация параметров

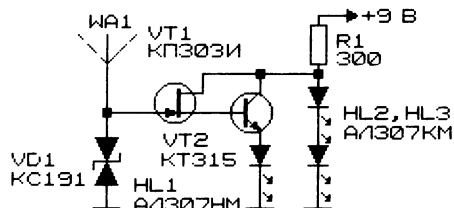


Рис. 1.8. Схема индикатора электрического поля с повышенной чувствительностью

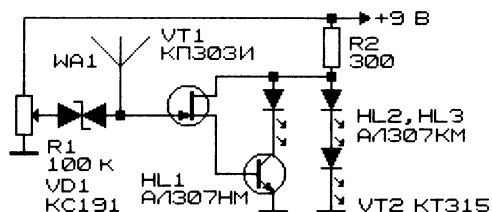


Рис. 1.9. Схема цветодинамического индикатора электрического поля с регулируемой чувствительностью

кроме того сама антенна должна быть хорошо изолирована. При этом чувствительность индикатора заметно возрастает. Стабилитрон (рис. 1.9) можно также заменить резистором 10...30 МОм.

Для звуковой индикации наличия опасного уровня электрического поля предназначен простой прибор, схема которого изображена на рис. 1.10 [1.7]. Индикатор выполнен на основе полевого и биполярного транзисторов (VT1 и VT2). К затвору полевого транзистора VT1 через резистор R1 подключена небольшая антенна — отрезок провода длиной 2...5 см. В цепь нагрузки (эмиттерную цепь биполярного транзистора VT2) включен телефонный капсюль BF1 с сопротивлением постоянному току не ниже 50 Ом.

При приближении антенны устройства к сетевому проводу в телефонном капсюле раздается характерный звук, громкость которого повышается по мере приближения антенны к сетевому проводу.

Для обеспечения безопасной эксплуатации устройства рекомендуется антенну (отрезок провода) заизолировать. При подборе

1. Контроль и индикация параметров

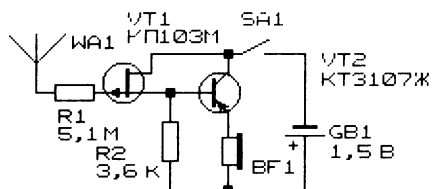


Рис. 1.10. Схема индикатора электрического поля с акустической индикацией — искателя сетевой проводки

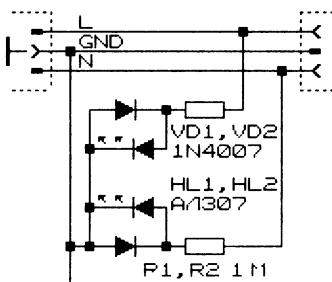


Рис. 1.11. Схема светодиодного индикатора наличия фаз питающего напряжения

транзисторов (полевого транзистора с меньшим напряжением отсечки) чувствительность устройства возрастает.

Наличие фаз на проводах питающей сети позволяет контролировать устройство (рис. 1.11), в котором для гашения избыточного напряжения использованы резисторы [1.8]. Схема может быть доработана для индикации трехфазного напряжения при соединении светодиодных индикаторов «звездой» или «треугольником», см. также рис. 1.1.

Индикацию режимов потребления тока в электрических приборах позволяет осуществлять устройство по схеме на рис. 1.12 [1.9]. В цепь нагрузки включена токовая обмотка L1. В исходном состоянии (малый ток нагрузки) контакты K1 разомкнуты, светятся светодиоды HL1 и HL3 зеленого цвета свечения. При увеличении тока нагрузки магнитоуправляемый контакт K1 срабатывает, светодиод HL2 красного свечения включается параллельно цепочке R2 — HL3, шунтируя ее. Светодиод HL3 гаснет.

Простое устройство, индицирующее факт того, что к питающей сети остались подключенными потребители энергии [1.10],

1. Контроль и индикация параметров

показано на рис. 1.13. Оно содержит трансформаторный датчик тока и индицирующее устройство на неоновой лампе. При протекании тока через низковольтную обмотку трансформатора в повышающей его обмотке наводится напряжение, достаточное для включения тиристора VS1. В результате неоновая лампа начинает светиться. При отключении потребителей энергии лампа гаснет.

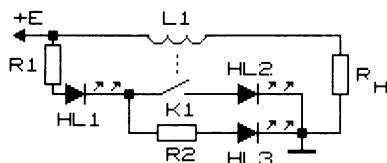


Рис. 1.12. Схема устройства для индикации превышения тока в нагрузке

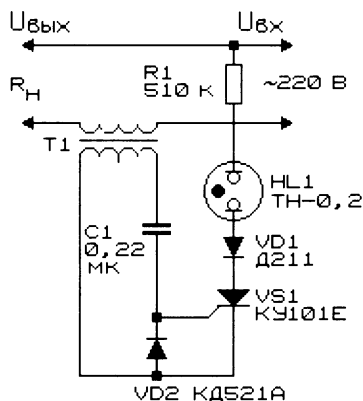


Рис. 1.13. Схема индикатора включенной нагрузки

Диод VD1 Д211 можно заменить на слаботочный диод, например, типа КД102Б.

Устройство легко модифицировать, сделав его чувствительным к силе тока.

Для визуального контроля наличия тока в нагрузке предназначено устройство с повышающим трансформатором (рис. 1.14) [1.11]. Его первичная обмотка включена последовательно с нагрузкой сети. Ко вторичной обмотке Т1 подключен простейший выпрямитель по схеме удвоения напряжения, нагруженный на светодиод HL1. Если ток нагрузки превысит определенный порог

1. Контроль и индикация параметров

(минимальная мощность нагрузки, при которой становится заметным свечение светодиода — 40 Вт), светодиод начинает неярко светиться. Чем больше ток нагрузки — тем ярче свечение светодиода.

Трансформатор Т1 может быть намотан на ферритовом кольце диаметром 30...40 мм марки 2000НН. Его токовая обмотка содержит 20...25 витков толстого провода (диаметр 1,5 мм). Вторичная обмотка имеет 1500 витков тонкого провода (0,08...0,1 мм). Для уменьшения потерь в схеме выпрямителя использованы германиевые диоды. Светодиод рекомендуется подобрать по максимальной яркости свечения при малом токе.

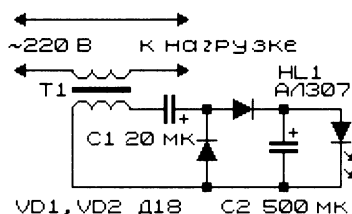


Рис. 1.14. Схема устройства для контроля тока в нагрузке

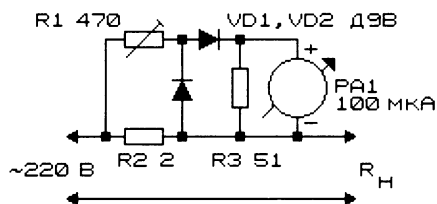


Рис. 1.15. Схема ваттметра переменного тока

Для ориентировочного количественного измерения потребляемой нагрузкой мощности из сети можно применить схему по рис. 1.15 [1.12].

Датчиком тока является проволочный резистор R2. Параллельно ему подключен простейший вольтметр переменного тока с выпрямителем на диодах VD1 и VD2. К его выходу подключен измерительный прибор PA1 — микроамперметр М2003 с током полного отклонения 100 мкА.

Резистор R3 снижает чувствительность головки измерительного прибора до 1 мА. Подстроечным резистором R1

1. Контроль и индикация параметров

устанавливают стрелку измерительного прибора на реперную (контрольную) отметку, соответствующую, например, мощности в 100...125 Вт.

Для измерения мощностей порядка 250 (500) Вт сопротивление датчика тока следует уменьшить до 1 (0,5) Ом, соответственно.

Описанный прибор имеет несколько недостатков. Во-первых, его шкала нелинейна. Во-вторых, прибор только косвенным образом реагирует на изменение сетевого напряжения — в нем нет элементов, напрямую фиксирующих это изменение.

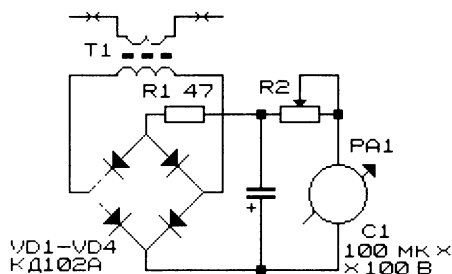


Рис. 1.16. Схема ваттметра переменного тока с линейной шкалой

Для измерения тока и мощности (с учетом ограничений, см. выше) в цепи переменного тока может быть использована схема ваттметра [1.13] на основе трансформатора тока, показанная на рис. 1.16. Он представляет собой ферритовое кольцо, сквозь которое пропущен проводник, подающий ток потребителю. Этот проводник является своеобразной первичной (токовой) обмоткой трансформатора. Вторичная обмотка выполнена тонким проводом, равномерно намотанным по ферритовому кольцу до заполнения. Напряжение, снимаемое со вторичной обмотки, выпрямляется диодным мостом и поступает на фильтр и стрелочный измерительный прибор. Чувствительность прибора задает резистор R2. При внутреннем сопротивлении измерительного прибора 520 Ом и токе полного отклонения 500 мкА сопротивление резистора R2 составит примерно 270 кОм.

Шкала прибора — линейная, ее градуируют в единицах тока и мощности, потребляемой нагрузкой.

Первичная обмотка токового трансформатора может содержать и несколько витков провода в тефлоновой изоляции.

2. Пробники и индикаторы напряжения

Индикатор отклонения сетевого напряжения от нормы (рис. 2.1) содержит выпрямитель на диоде VD1, гаситель избыточного напряжения на стабилитроне VD2, индикатор включения устройства на светодиоде HL1, два пороговых устройства-индикатора на динисторах и светодиодах, а также регулируемые резистивные делители [2.1].

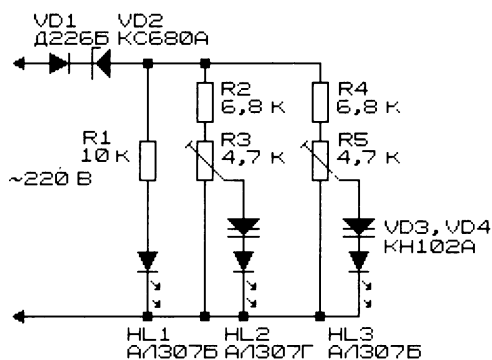


Рис. 2.1. Схема индикатора отклонения сетевого напряжения от нормы

Когда напряжение на динисторе превысит напряжение его пробоя, включится соответствующий светодиод, включенный последовательно с динистором.

Индикатор может быть усовершенствован: число индицируемых уровней легко увеличить, кроме того, последовательно светодиодам-индикаторам можно включить светодиоды оптронных пар, управляющих тем или иным исполняющим устройством.

Индикатор полярности (рис. 2.2) выполнен на основе генератора стабильного тока на полевых транзисторах VT1 и VT2 и встречно включенных светодиодных индикаторах HL1 и HL2 [2.2].

Диапазон индицируемых напряжений постоянного тока составляет 3...30 В; переменного — 2,2...21 В. Светодиоды загораются в соответствии с полярностью контролируемого напряжения.

2. Пробники и индикаторы напряжения

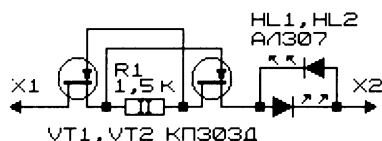


Рис. 2.2. Схема индикатора переменного и постоянного тока — индикатора полярности

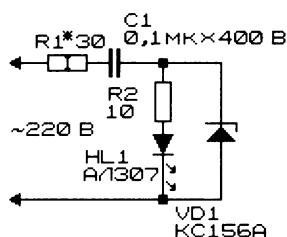


Рис. 2.3. Схема светодиодного индикатора сетевого напряжения

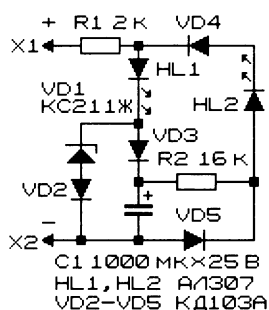


Рис. 2.4. Схема индикатора напряжения постоянного и переменного тока 3...30 В

Простейший светодиодный индикатор сетевого напряжения использует гасящий конденсатор $C1$ (рис. 2.3) [2.1]. Стабилитрон защищает цепь светодиода от перенапряжения.

Для индикации напряжения постоянного и переменного тока в диапазоне 3...30 В предназначен пробник по схеме на рис. 2.4 [2.3].

Для индикации напряжения постоянного и переменного тока в более широком диапазоне (24...250 В) предназначено устройство по схеме на рис. 2.5 [2.3].

2. Пробники и индикаторы напряжения

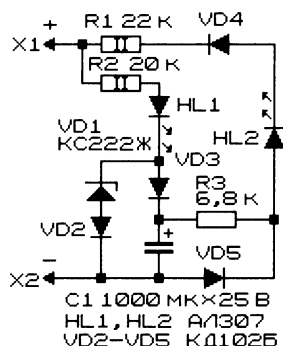


Рис. 2.5. Схема индикатора напряжения постоянного и переменного тока 24...250 В

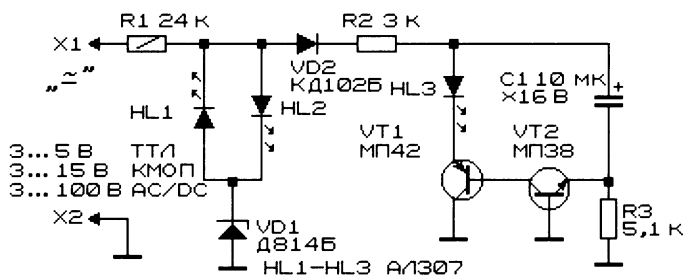


Рис. 2.6. Схема универсального пробника

Для индикации состояния элементов устройств, выполненных на цифровых микросхемах, используют так называемые логические пробники.

К логическим пробникам обычно предъявляют следующие требования: индикация логической единицы/нуля на входе/выходе цифровой интегральной микросхемы, реже — наличие импульсов на электродах полупроводникового прибора. Пробник не должен перегружать выходные цепи контролируемых микросхем или шунтировать входные (т.е. не должен вносить сбоев в работу цифровой техники в процессе контроля). Обычно подобные пробники узкоспециализированы для работы только с *ТТЛ*- или *КМОП*-логикой.

На рисунке 2.6 приведена схема универсального пробника [2.4], позволяющего без использования источника питания контролировать работу *ТТЛ* (3...5 В) и *КМОП* (3...15 В) микросхем, а

2. Пробники и индикаторы напряжения

также индицировать напряжение постоянного и переменного тока в диапазоне от 3 до 100 В при длительном подключении и до 300 В — при кратковременном. Пробник питается непосредственно от источника контролируемого напряжения, потребляя при этом весьма незначительный ток: при напряжении 5 В — 90 мкА; при 9 В — до 190 мкА; при 15 В — до 290 мкА; при 100 В — 4 мА и при 300 В — 12 мА. Высокая экономичность устройства и, соответственно, малая нагрузка по току на контролируемую цепь достигнута за счет динамического характера индикации устройства.

Индикация напряжений малого уровня (до 14 В) осуществляется преимущественно за счет работы генератора импульсов на германиевых транзисторах VT1, VT2, в качестве которых могут быть использованы транзисторы типов МП39 — МП42 и МП35 — МП38.

При индикации ТТЛ-уровней частота вспышек светодиода HL3 составляет около 3 Гц; при напряжении 4 В (близком к уровню минимально допустимых значений логической единицы ТТЛ-логики) частота генерации повышается до 5 Гц. При напряжении 3 В частота генерации возрастает до 10 Гц и выше, яркость свечения светодиода резко снижается. При контроле КМОП-элементов напряжению в 9 В соответствует частота генерации около 1 Гц; начиная с напряжений, превышающих значение напряжения стабилизации стабилитрона и напряжение зажигания светодиода, начинает светиться светодиод HL2. Для указанных на рисунке элементов схемы (Д814Б и АЛ307) это напряжение составляет 11,5 В. Падение напряжения собственно на генераторе импульсов не превышает 10 В. В диапазоне напряжений 14...20 В светодиод HL2 мигает с частотой около 1 Гц с постепенным переходом в режим непрерывного свечения.

При наличии на входе устройства импульсных сигналов частота (яркость) вспышек светодиодов также изменяется, что позволяет контролировать и динамические процессы в цифровых и аналоговых устройствах.

Пробник может быть выполнен в виде щупа, например, в корпусе авторучки. Генератор устройства защищен от неправильного подключения шунтирующей его цепочкой — VD1 и HL1, причем светодиод HL1 одновременно индицирует своим свечением неправильную полярность подключения.

2. Пробники и индикаторы напряжения

Устройство контроля напряжения питания (рис. 2.7) работает по пороговому принципу [2.5 — 2.7]. Фактически оно состоит из мостовой схемы и ключевого элемента на аналоге прибора с отрицательным динамическим сопротивлением. В случае, когда напряжение питания снизится ниже определенного порога (2,1 В), происходит переключение ключевого элемента, индикатор — светодиод — загорается. При нормальном уровне напряжения устройство потребляет ток около 1 мА.

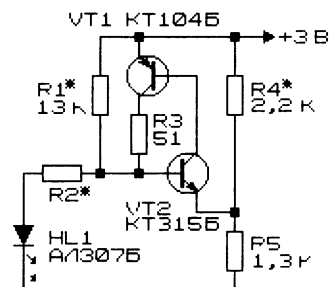


Рис. 2.7. Схема порогового устройства контроля напряжения питания

Шестиуровневый индикатор напряжения аккумуляторной батареи (рис. 2.8) [2.8] собран на основе двухпороговых компараторов на элементах «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ» [2.9]. Подобный индикатор описан также в статье И. А. Нечаева [2.10].

Кроме общеизвестных четырех участков контролируемого напряжения в схеме предусмотрены еще два — «Разряженность 100%» и «Авария».

Режим «Разряженность 100%» необходим в тех случаях, когда, например, несмотря на обрыв приводного ремня или порчу генератора, необходимо продолжать движение. В этой ситуации важно своевременно зафиксировать момент полного (100%) разряда батареи, после чего она быстро выходит из строя.

Режим «Авария» может оказаться полезным, если надо продолжать движение при неисправном регуляторе напряжения и перезаряжающейся батарее. Постоянно увеличивающееся напряжение в бортовой сети рано или поздно достигнет опасного уровня как для самой батареи, так и для подключенных к ней потребителей.

2. Пробники и индикаторы напряжения

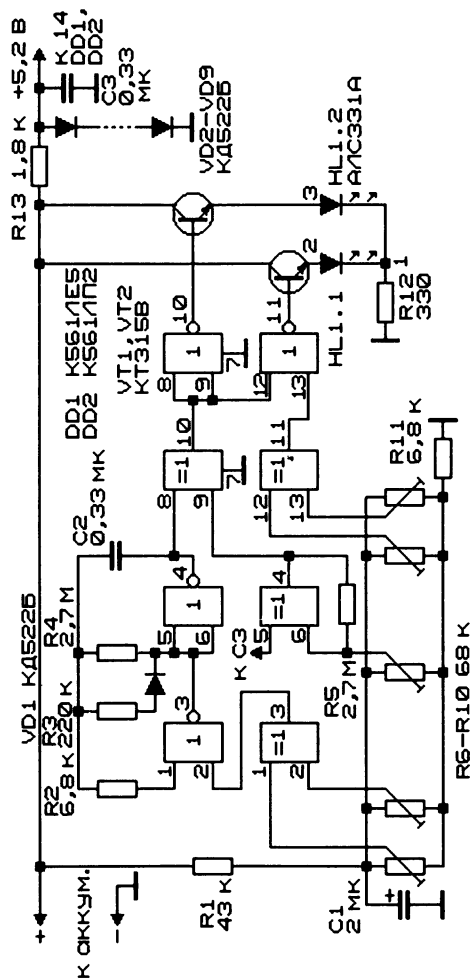


Рис. 2.8. Схема шестиуровневого индикатора напряжения аккумуляторной батареи

2. Пробники и индикаторы напряжения

Задающий генератор устройства на логических элементах DD1.1, DD1.2 работает на частоте около $1,3 \text{ Гц}$, а скважность импульсов примерно равна 10. Двухпороговый компаратор DD2.1 определяет участок, на котором работа генератора запрещена. При этом на выходе элемента DD1.2 (как и на выходе компаратора) зафиксирован высокий уровень.

Элемент DD2.3 представляет собой управляемый инвертор. При высоком уровне на входе 13 элемент инвертирует сигнал с генератора, при низком — повторяет без инверсии. Этот элемент скачком изменяет скважность импульсов «мигания» светодиодов двухцветного индикатора HL1 при работающем генераторе, а при заторможенном — обеспечивает либо наличие, либо отсутствие свечения индикатора.

Элемент DD2.2 служит инвертором-усилителем, он повышает четкость срабатывания элемента DD2.3. Компаратор DD2.4 определяет участки свечения «красного» (вывод 2) и «зеленого» (вывод 3) светодиодов индикатора HL1. Когда на выходе компаратора действует высокий уровень (при напряжении батареи в пределах $11,7 \dots 15,3 \text{ В}$) — на выходе элемента DD1.4 — низкий уровень, транзистор VT1 закрыт, и поэтому возможно свечение только «зеленого» светодиода.

При низком уровне на выходе компаратора (при напряжении батареи меньше $11,7$ или больше $15,3 \text{ В}$) элемент DD1.4 работает как инвертор, поэтому сигнал с генератора поступает одновременно на базы транзисторов VT1, VT2, и они открываются, включая светодиоды индикатора. Светить, однако, будет только «красный» светодиод, так как падение напряжения на нем меньше, чем на «зеленом».

Таким образом, при напряжении батареи менее $11,7 \text{ В}$ светодиодный индикатор HL1 излучает импульсы красного света, причем импульсы света значительно длиннее пауз между ними — «пульсирующий свет». При напряжении более $11,7 \text{ В}$, но менее $12,2 \text{ В}$ цвет свечения меняется на зеленый, а характер мигания остается прежним.

В диапазоне между $12,2$ и $13,8 \text{ В}$ — непрерывное свечение зеленого цвета, а на участке $13,8 \dots 14,8 \text{ В}$ — свечение отсутствует. При напряжении от $14,8$ до $15,3 \text{ В}$ появляется снова мигающее

2. Пробники и индикаторы напряжения

зеленое свечение, но в этом случае импульсы света значительно короче пауз между ними — «пульсирующая тень».

И наконец, когда напряжение превышает 15,3 В, цвет свечения меняется на красный при неизменном характере мигания.

Для индикации уровней напряжения могут быть использованы элементы обычной КМОП-логики. О. В. Клевцов [2.11] предложил использовать микросхему К561ЛН2 для шестиуровневого контроля напряжения аккумуляторной батареи (рис. 2.9). Элементы микросхемы использованы в качестве своеобразных компараторов. Шаг индикации напряжения составляет 1 В. Общий диапазон измерения-индикации — от 10 до 15 В.

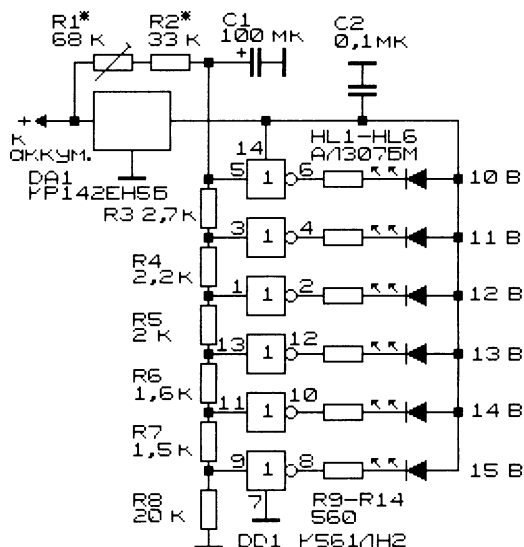


Рис. 2.9. Схема шестиуровневого индикатора напряжения аккумуляторной батареи

На входы элементов-инверторов микросхемы DD1 через резистивный делитель R1 — R8 подается в определенной пропорции доля контролируемого напряжения. В случае, если напряжение изменяется, изменяются и его долевые составляющие на входах элементов микросхем. В свою очередь напряжение питания стабилизировано при помощи микросхемы DA1 и является опорным. Резистивный делитель рассчитан таким образом, чтобы

2. Пробники и индикаторы напряжения

получить пороги переключения с шагом в 1 В. При желании величина этого шага может быть откорректирована. Неудобством индикатора является сложность его настройки, необходимость индивидуального подбора элементов и трудности при перестройке для индикации другого диапазона напряжений.

Многоуровневый индикатор напряжения источника питания, например, аккумуляторной батареи (рис. 2.10), достаточно просто сделать с использованием специализированной микросхемы типа *UAA180* или ей подобной (аналоги — *K1003ПП1* и др.) [2.12].

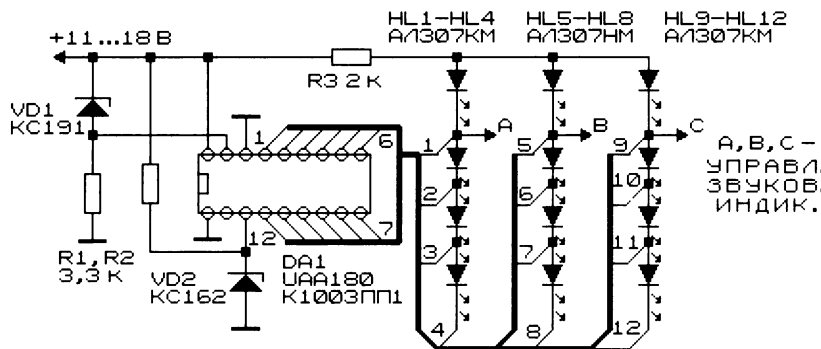


Рис. 2.10. Схема двенадцатиуровневого индикатора напряжения аккумуляторной батареи

Включение микросхемы — почти типовое. Поскольку для последовательного переключения всей индицирующей линейки светодиодов от HL1 до HL12 необходимо изменение входного управляющего напряжения от 0 до 6 В, то для контроля изменения напряжения питания в пределах от 9 до 15 В достаточно вычесть из контролируемого напряжения избыток в 9 В, что и сделано в схеме за счет применения стабилитрона VD1 (*KC191*), «вычитающего» напряжение.

Весь диапазон индицируемых напряжений разделен на 12 частей, уровень первой трети которых индицирует группа из 4 светодиодов красного цвета; второй трети — зеленого цвета «Норма». Завершают цепочку 4 светодиода красного цвета.

Микросхема индикатора допускает питание от источника напряжения 9...18 В. Стабилитрон VD2 типа *KC162* предназначен для задания максимально возможного уровня контролируемого

2. Пробники и индикаторы напряжения

сигнала (6 В). Для того чтобы не допустить превышения напряжения на управляющем входе микросхемы выше этого уровня, рекомендуется соединить через германиевый диод выводы 3 и 17 микросхемы, причем анод диода должен быть подключен к выводу 17.

С выходов А, В, С при желании можно снимать сигнал для управления, например, звуковой индикацией.

В качестве многодиапазонного измерительного прибора может быть использовано устройство с оптической индикацией (рис. 2.11) на микросхеме типа *UAA180* и/или политональной звуковой индикацией (рис. 2.11, 2.12) уровня контролируемого сигнала на микросхеме типа *K561ЛЕ5* [2.13]. Такой прибор может быть полезен для качественного контроля измеряемого параметра. Он также позволяет оценить его и по величине — визуально по шкале светодиодов и/или по высоте генерируемого звукового тона. Это свойство позволяет пользоваться прибором в условиях недостаточной освещенности; при удалении от измерительного прибора и невозможности визуального считывания информации.

Устройство состоит из анализатора уровня входного сигнала — коммутатора каналов со светодиодной индикацией задействованного канала и управляемого генератора прямоугольных импульсов, частота генерации которого определяется номером задействованного канала индикации. Выходной сигнал генератора через усилительный каскад на транзисторе VT1 подается на капсюль BF1 и/или на внешний усилитель низкой частоты. Число индицируемых уровней напряжения и соответствующих им звуковых тонов равно 12, что соответствует количеству тонов и полутонов полной октавы.

Диапазоны контролируемых напряжений прибора следующие: 0...10 (12) В; 0...20 (24) В; 0...30 (36) В; 0...40 (48) В; 0...50 (60) В, что может быть пригодно для контроля КМОП-уровней, напряжения на 12-и и 24-вольтных аккумуляторах и т.д. Диапазоны могут быть откорректированы заменой делителей R1 — R5. Достоинством прибора по сравнению со стрелочными индикаторами или цифровыми измерительными приборами является его малая инерционность, что приближает устройство по быстродействию к осциллографическим пробникам.

2. Пробники и индикаторы напряжения

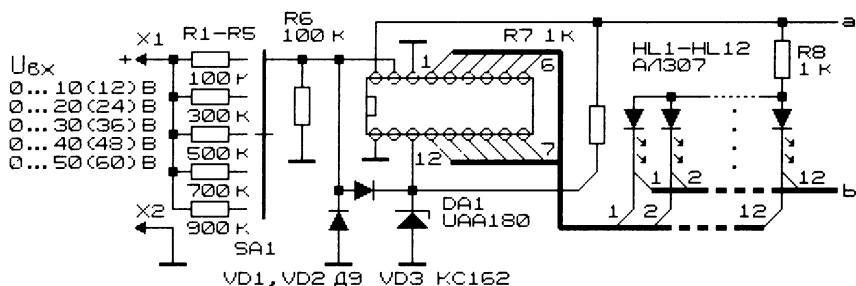


Рис. 2.11. Схема многодиапазонного измерительного прибора с оптической индикацией уровня сигнала

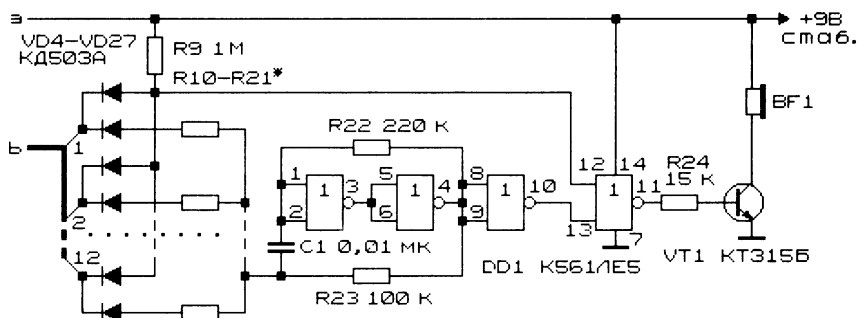


Рис. 2.12. Дополнение к многодиапазонному измерительному прибору для звуковой индикации

В качестве анализатора уровня входного сигнала используется микросхема типа *UAA180* (*A277D*, отечественный аналог *K1003ПП1*). Устройство работает следующим образом: входное постоянное напряжение (положительной полярности на входе X1) через резистивный делитель R1 — R6 и переключатель SA1 поступает на управляющий вход микросхемы. Переключение 12-и выходных каскадов микросхемы происходит при изменении напряжения на резисторе R6 (управляющем входе) в пределах 0...6 В с шагом в 0,5 В. Диод VD1 ограничивает максимальный уровень управляющего напряжения, подключая параллельно входу стабилитрон VD3.

Соответственно поданному на вход уровню включается тот или иной светодиод (HL1 — HL12 типа *АЛ307*), например, HL2. Тогда напряжение на катоде светодиода HL2 падает до логического

2. Пробники и индикаторы напряжения

нуля. Исходное состояние на всех выходах микросхемы DA1 при отсутствии управляющего сигнала — логическая единица. Соответственно, через коммутирующие диоды на управляющий вход микросхемы DD1 *K561ЛЕ5* (вывод 12) будет подан разрешающий прохождение сигнала логический ноль, а частота генератора прямоугольных импульсов будет определяться резисторами R10 — R21.

Эти резисторы (R10 — R21), определяющие высоту генерируемого тона, подбирают таким образом, чтобы звуковые сигналы соответствовали звуковой гамме выбранной октавы. Контроль частоты при настройке генератора производят по цифровому частотомеру.

Значение частоты тона можно вычислить по приводимой ниже программе. Упрощенный вариант программы OCTAVA.PAS для вычисления частот нот и их озвучивания, написанный на языке *Turbo Pascal 7.0*, приведен ниже.

Вводимый в программу номер соответствует следующим октавам:

- 1 — Субконтроктава
- 2 — Контроктава
- 3 — Большая октава
- 4 — Малая октава
- 5 — Первая октава
- 6 — Вторая октава
- 7 — Третья октава
- 8 — Четвертая октава
- 9 — Пятая октава

```
PROGRAM OCTAVA(INPUT, OUTPUT);
  USES CRT;
  VAR X, Y: REAL;
  A, B, C, D, I: INTEGER;
  BEGIN
    B:=1;
    WRITELN('Введите номер от 1 до 9, нажмите клавишу <ВВОД>'),
    READ(A);
    WRITELN('Задайте длительность звучания ноты в мсек, нажмите <ВВОД>');
```

2. Пробники и индикаторы напряжения

```
READ(D);  
FOR I:=1 TO A-1 DO  
  B:=B*2;  
  X:=1,  
  FOR I:=1 TO 12 DO  
    BEGIN Y:=(16.3516075*B*X);  
    C:=TRUNC(Y);  
    WRITELN('Частота, Гц ',Y);  
    SOUND(C);  
    DELAY(D);  
    NOSOUND;  
    X:=X*1.059464  
  END;  
END.
```

Если нет потребности в звуковой дублирующей индикации, то вторую половину схемы (рис. 2.12) можно исключить. Для индикации переменного напряжения на входе устройства достаточно использовать простейший пиковый детектор.

Для питания аппаратуры в полевых условиях зачастую используют 12-вольтовые мотоциклетные кислотные аккумуляторы. Известно, что срок службы такой батареи заметно зависит от правильности ее эксплуатации, в частности, режима зарядки.

Для того чтобы не допустить переразрядки или перезарядки такого аккумулятора, полезно иметь устройство, в одном случае реагирующее на разряд, а в другом — на полный заряд [2.14].

На рис. 2.13 показана схема устройства [2.14], которое издает звуковой сигнал при разряде аккумулятора до напряжения ниже порогового значения, а в верхнем (по схеме) положении переключателя S2 издает такой же сигнал при заряде до напряжения выше критического.

Устройство состоит из сравнивающего узла на элементах DD1.1 и DD1.2 (триггера Шмитта) и мультивибратора на DD1.3 и DD1.4. При показанном на схеме положении переключателя S2 мультивибратор запускается когда на входе DD1.1 имеется напряжение выше порога срабатывания. Если S2 в нижнем положении — мультивибратор запускается когда на входе DD1.1 напряжение ниже порога срабатывания.

2. Пробники и индикаторы напряжения

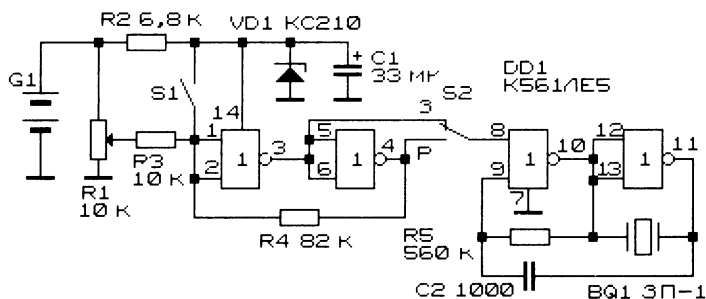


Рис. 2.13. Схема порогового звукового индикатора разряда аккумулятора

Питание на микросхему поступает от аккумулятора через параметрический стабилизатор (R2 и VD1). Напряжение, поступающее на вход DD1.1, снимается до параметрического стабилизатора, так что напряжение на резисторе R1 изменяется так же, как и напряжение аккумулятора. Резистор R1 устанавливается в такое положение, в котором при номинальном напряжении аккумулятора триггер Шмитта (DD1.1, DD1.2) переходит в единичное положение. Пороги перехода в единичное и нулевое состояния триггера Шмитта отличаются, то есть имеется гистерезис, а величина этого гистерезиса зависит от величины сопротивления резистора R4. Если аккумулятор 12-вольтный, то максимальное напряжение зарядки для него должно быть 14 В, а минимальное напряжение разрядки — 11 В. Гистерезис получается равный 3 В, его устанавливают подбором R4, а диапазон — подстройкой R1 таким образом, чтобы при плавном увеличении входного напряжения от нуля единица на выходе DD1.2 устанавливалась при достижении порога 14 В, тогда при падении напряжения до 11 В логический уровень на выходе DD1.2 сменится на нулевой.

Таким образом, если устройство будет постоянно подключено к батарее, то в случае, когда S2 находится в положении «разряд», звуковой сигнал включится при разряде батареи до 11 В. Если затем, не отключая устройства, поставить батарею на заряд и переключить S2 в положение «заряд», то звуковой сигнал включится при заряде батареи до 14 В.

Кнопка S1 нужна для принудительной установки триггера Шмитта в единичное состояние в случае, если устройство

2. Пробники и индикаторы напряжения

подключается к частично разряженной батарее, чтобы контролировать ее дальнейший разряд.

Микросхему *K561ЛЕ5* можно заменить на *K561ЛА7*, но при этом поменяются значения положений *S2* на обратные. Звукоизлучатель — любой пьезокерамический. Стабилитрон — маломощный на 6...11 В.

Для индикации (измерения) сетевого напряжения проще всего воспользоваться обычными измерительными приборами. Однако эти приборы в большинстве своем имеют низкую разрешающую способность, что не позволяет отслеживать малые изменения сетевого напряжения. Для того чтобы можно было искусственно растянуть наиболее значимую для контроля напряжения часть шкалы индицирующего прибора, А. Бутовым [2.15] предложена простая схема вольтметра с «растянутой» шкалой (рис. 2.14).

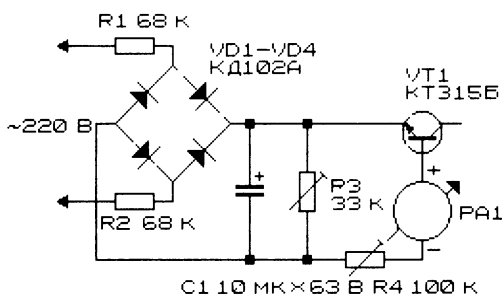


Рис. 2.14. Схема вольтметра переменного тока для контроля малых изменений сетевого напряжения

Для этого использован мостовой выпрямитель на диодах *VD1* — *VD4*, ограничитель тока на резисторах *R1* и *R2*, конденсатор фильтра *C1*, аналог стабилитрона — переход эмиттер — база транзистора *VT1* и собственно сам измерительный прибор — микроамперметр постоянного тока с подстроечными резисторами *R3* и *R4*.

Напряжение лавинного пробоя аналога стабилитрона — *n-p* перехода эмиттер — база транзистора *VT1* — близко к 6...8 В. Набор резисторов схемы составляет своеобразный делитель напряжения. Пока напряжение на выходе выпрямителя (конденсаторе *C1*) не превысит напряжения лавинного пробоя *n-p* перехода

2. Пробники и индикаторы напряжения

транзистора VT1, микроамперметр не показывает ток. В случае, если это напряжение будет превышено, стрелка измерительного прибора будет отклоняться тем больше, чем выше напряжение на конденсаторе C1.

Резистором R3 регулируют чувствительность прибора, R4 — диапазон измеряемых напряжений. Так, при $R4=0$ диапазон измерений составит 210...230 В; при $R4=100\text{ кОм}$ — 100...250 В.

В качестве измерительного прибора использован индикатор уровня записи от магнитофона типа *M4476/1*, *M4587*, *M68501* или иной с током полного отклонения 50...300 мкА.

3. Устройства и элементы защиты аппаратуры и человека

Достаточно серьезную опасность для аппаратуры представляет подача на нее питающего напряжения противоположной полярности. В большинстве случаев это приводит к выходу из строя электролитических конденсаторов, полупроводниковых приборов и микросхем. Чаще всего поврежденные таким путем устройства восстановлению не подлежат.

Для того чтобы защитить аппаратуру от подобных ситуаций применяют простые и надежные схемы защиты, основные из которых показаны ниже на рис. 3.1 — 3.4.

Для защиты нагрузки от напряжения обратной полярности довольно часто параллельно нагрузке включают диод VD1, рассчитанный на большой прямой ток (рис. 3.1), а последовательно с нагрузкой включают предохранитель FU1. При переполюсовке напряжения питания прямой ток через диод пережжет плавкий предохранитель или, в крайнем случае, диоды выпрямителя. Сама нагрузка подвергнется воздействию напряжения обратной полярности величиной примерно 700 мВ (прямое падение напряжения на диоде VD1) и в результате останется целой.

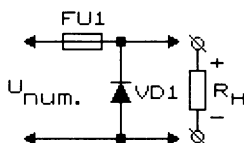


Рис. 3.1. Диодно-параллельная защита нагрузки от переполюсовки

Разновидностью этого способа защиты является использование вместо диода мощного стабилитрона VD1 (рис. 3.2). Напряжение стабилизации стабилитрона должно несколько превышать напряжение питания устройства. Стабилитрон одновременно защитит нагрузку как от переполюсовки, так и от перенапряжения.

Другой разновидностью диодной защиты нагрузки от неверной полярности подключения питания являются схемы на рис. 3.3

3. Устройства и элементы защиты

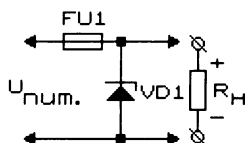


Рис. 3.2. Стабилитронно-параллельная защита нагрузки от переплюсовки и перенапряжения

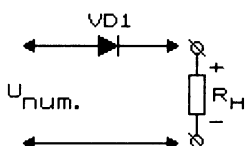


Рис. 3.3. Диодно-последовательная защита нагрузки от переплюсовки

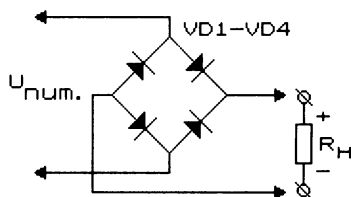


Рис. 3.4. Мостовая схема защита нагрузки от переплюсовки

и 3.4. С их помощью без перегрузки по току для источников питания можно защитить радиоэлектронную схему. Однако они имеют одну неприятную особенность: на первой из них теряется 0,7 В «прямого» напряжения на диоде, на второй — вдвое больше. Кроме того, при использовании этих схем после стабилизаторов коэффициент стабилизации заметно снижается.

Достоинством схемы (рис. 3.4) является то, что при подключении источника питания можно не заботиться о полярности его подключения.

Наиболее совершенной для защиты от переплюсовки при напряжении источника питания до 15 В стоит считать схему *Р. Пиза* [3.1]. В схеме использован полевой транзистор, имеющий малое падение напряжения на канале в открытом состоянии. В качестве такого транзистора могут быть использованы *МОП*-транзисторы с индуцированным каналом с обогащением, например, *IRF510*, *IRF511*, *IRF512*, *IRF513* или более современные.

3. Устройства и элементы защиты

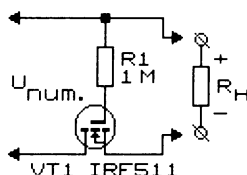


Рис. 3.5. Защита нагрузки от переполюсовки на полевом транзисторе

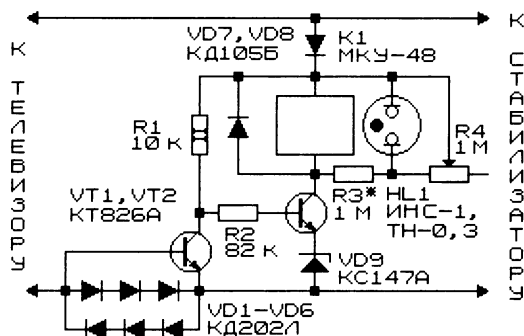


Рис. 3.6. Схема светозвукового индикатора отключения нагрузки

Второй проблемой при взаимодействии источника питания и нагрузки является работа источника питания без нагрузки. Для ряда современных устройств, например, импульсных блоков питания, работа без нагрузки зачастую недопустима. Не допускается эксплуатация без нагрузки и феррорезонансных стабилизаторов напряжения.

Достаточно часто телевизоры и иную аппаратуру питают от сети через промежуточные феррорезонансные стабилизаторы. При отключении телевизора иногда стабилизатор отключить забывают, он работает без нагрузки и быстро может выйти из строя.

Для предотвращения подобных ситуаций Ю. Прокопцев [3.2] разработал устройство, позволяющее косвенным образом защитить стабилизатор (рис. 3.6). При отключении телевизора от сети включается схема индикации работы стабилизатора без нагрузки, напоминая звуковым сигналом о необходимости обесточить оборудование.

Датчиком тока нагрузки служат цепочки диодов VD1 — VD6. При включении нагрузки открывается транзистор VT1,

3. Устройства и элементы защиты

шунтирующий цепь управления транзистором VT2. Реле K1 *МКУ-48* обесточено. При отключении нагрузки транзистор VT1 закрывается, транзистор VT2 — открывается. Реле K1 оказывается подключенным к сети переменного тока через диод VD7. Реле используется не по своему основному назначению, хотя легко было предусмотреть и эту функцию, а именно простого отключения стабилизатора. При протекании через его обмотку пульсирующего тока реле издает громкий треск, привлекающий внимание и сигнализирующий о том, что стабилизатор следует отключить.

В защитном устройстве также предусмотрен визуальный контроль наличия напряжения на реле — это индикатор HL1 на неоновой лампе *ТН-0,3* или *ИНС-1*. Порог зажигания лампы регулируют резистором R4.

Следующее устройство (рис. 3.7) предназначено для автоматического отключения усилителя звуковой частоты при срабатывании автостопа магнитофона или электропроигрывателя [3.3].

Аппарат с автостопом следует подключить к розетке XS1. В одну из ее цепей включены диоды VD1 — VD4, на которых при включенном в сеть аппарате происходит падение напряжения с уровнем, достаточным для зажигания светодиода оптопары U1, в результате чего на инверсном входе микросхемы DA1 образуется уровень логического «0». На выходе микросхемы DA1 напряжение повышается, что приводит к срабатыванию реле K1. Kontakтами K1.1 и K1.2 усилитель включается в сеть.

После срабатывания автостопа напряжение на диодах VD1 — VD4 пропадает, что приводит к выключению реле. Нагрузка, подключенная к розетке XS2, отключается от сети.

Узел датчика тока можно выполнить на кольце из феррита (рис. 3.7 вверху справа). Этот вариант более приемлемый для использования совместно с аппаратурой, имеющей дежурный режим, потому что в отличие от предыдущего варианта датчик имеет изменяемый порог срабатывания, который можно регулировать резистором R10. Устройство на оптопаре срабатывает при нагрузке в несколько милливатт, что не во всех случаях удобно.

Магнитопроводом трансформатора T1 служит кольцо из феррита *M2000НМ* типоразмера K20x10x6. Обмотка I содержит 25 витков провода *ПЭВ-2* 0,51 мм, обмотка II — 100 витков провода

3. Устройства и элементы защиты

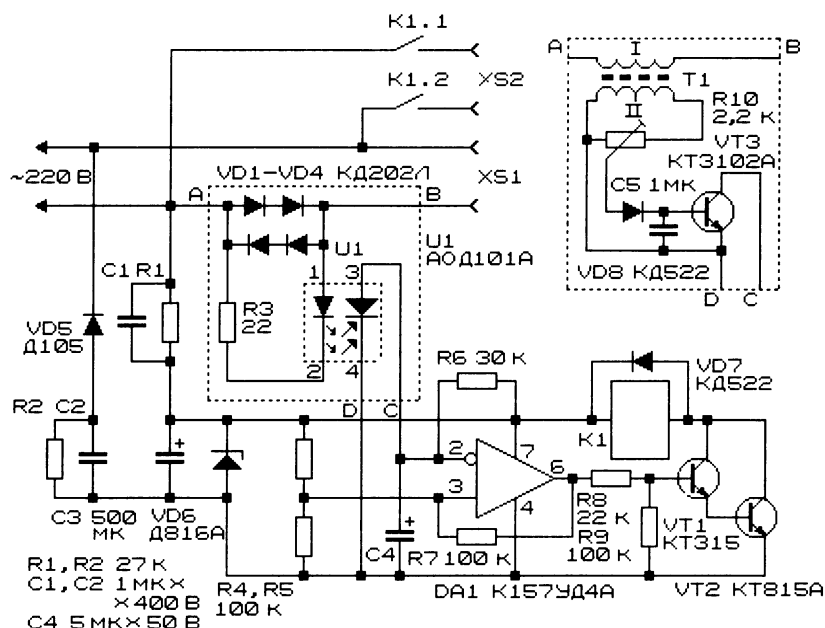


Рис. 3.7. Схема устройства для автоматического отключения аппаратуры

ПЭВ-2 0,17 мм. Реле K1 типа РЭН-29, РЭС-22, РЭС-32 или МКУ-48 с рабочим напряжением 24 В. Микросхему DA1 К157УД4А можно заменить на К140УД6, К140УД7, К544УД1А.

Новые разновидности микросхем фирмы MAXIM — MAX5900/ MAX5901 — предназначены для «горячего» (Hot-Swap) включения/отключения нагрузки [3.4]. Обычно подобные схемные решения используют в современных компьютерах для подключения-отключения винчестера или иных устройств без отключения питания компьютера.

Микросхемы способны работать при выходном напряжении до 100...120 В, причем применявшееся ранее сопротивление R1 (которое включалось последовательно с нагрузкой и служило для контроля тока) более не обязательно — его роль выполняет канал полевого транзистора — токового ключа (рис. 3.8). Падение напряжения на открытом ключе в этом случае минимально (доли вольта).

3. Устройства и элементы защиты

Для применения в устройствах защиты человека от поражения электрическим током (а это возможно при нарушениях изоляции в электрических установках, приборах и питающих проводниках, расположенных после устройства защиты и находящихся под напряжением сети переменного тока до 230 В) предназначена микросхема *K1182CA1* [3.5]. Данная микросхема диагностирует состояние сети с помощью датчика, усиливает сигнал и передает его на исполнительное устройство, отключающее нагрузку от сети.

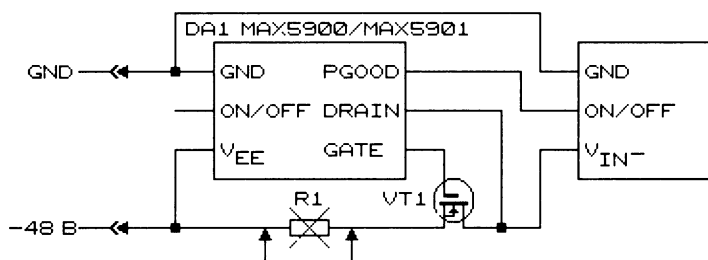


Рис. 3.8. Включение микросхемы для «горячего» подключения/отключения нагрузки

Микросхема *K1182CA1* содержит два операционных усилителя, которые служат для усиления (по модулю) примерно в 280 раз сигнала, поступающего со входов +IN и -IN (выводы 3 и 5 микросхемы, соответственно). Усиленный сигнал подается на компаратор и далее через линию задержки на вход управляющего тиристора. Питание микросхемы осуществляется от сети через диодный мост (выводы 13 и 15 микросхемы). Выпрямленное напряжение подается на вывод 11 (+V) питания исполнительного устройства (реле). Для питания операционных усилителей и других элементов микросхемы используется внутреннее стабилизированное напряжение (примерно 13,5 В). Дополнительные опорные напряжения, необходимые для нормальной работы усилителей и компаратора, задаются внутренним резистивным делителем. Вход DLY (вывод 1) служит для подключения конденсатора, определяющего задержку включения выходного тиристора (при $C=6000 \dots 8000$ пФ задержка составляет 2 мс). Ко входу CL (вывод 8) подключается фильтрующий конденсатор для исключения срабатывания тиристора при прохождении помех по сети. Вывод 7 (GND) — общий для подключения конденсаторов и реле.

3. Устройства и элементы защиты

На базе микросхемы *K1182CA1* разработан блок защиты (рис. 3.9) с использованием реле постоянного тока с нормально замкнутыми контактами. В этом случае реле подключается между выводами микросхемы 11 (+V) и 9 (OUT). В случае возникновения утечки по фазовому и нейтральному проводам течет различный ток. Эта асимметрия отслеживается датчиком, и сигнал ошибки поступает на выводы 3 и 5 — входы микросхемы. Если напряжение ошибки больше порогового, то включается тиристор и начинает пропускать ток через управляющую обмотку реле. Контакты реле размыкаются, и нагрузка отключается от сети. Для повторного включения устройства нужно сначала отключить его от сети нажатием кнопки *S2*.

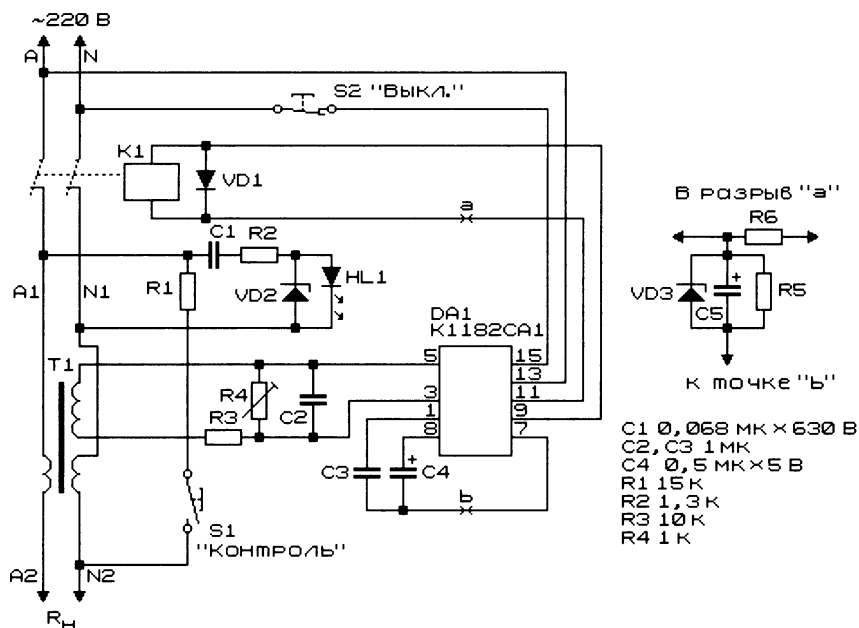


Рис. 3.9. Схема устройства защиты от поражения электрическим током на микросхеме K1182CA1

Токочувствительный датчик Т1 имеет кольцевой сердечник из электротехнической стали или феррита. Сигнал датчика при заданной утечке должен быть в пределах 50...200 мВ. Настройку

3. Устройства и элементы защиты

всей схемы выполняют регулировочным резистором R4. Включенное состояние устройства индицируется светодиодом HL1. Для контроля работоспособности используется кнопка S1, нажатием на которую имитируется утечка по одному из проводников. При этом должно сработать исполнительное устройство.

В схеме (рис. 3.9) применено высоковольтное реле постоянного тока. Если необходимо использовать более низковольтное реле, то можно применить схему, показанную в правой части этого же рисунка, в которой конденсатор C5 является накопительным и сглаживающим. С помощью стабилитрона VD3 формируется напряжение, необходимое для питания обмотки реле.

Основные параметры микросхемы:

Минимальное напряжение сети — 80 В

Максимальное напряжение сети — 276 В

Выпрямленное напряжение (на выводе +V) — 390 В

Выпрямленный ток (на выводе +V) — 300 мА

Выходной ток — 300 мА

Рассеиваемая мощность при +70°C — 1 Вт

Температура окружающей среды — -40...+70°C

Допустимое значение статического потенциала — 500 В

4. Защита электронных устройств от перенапряжения

Для защиты радиоэлектронного оборудования традиционно применяют плавкие предохранители. Обычно в них используют тонкие неизолированные проводники калиброванного сечения, рассчитанные на заданный ток перегорания. Наиболее надежно эти приспособления работают в цепях переменного тока повышенного напряжения. С понижением рабочего напряжения эффективность их применения снижается. Обусловлено это тем, что при перегорании тонкой проволоки в цепи переменного тока возникает дуга, распыляющая проводник. Предельным напряжением, при котором может возникнуть такая дуга, считается напряжение 30...35 В. При низковольтном питании происходит просто плавление проводника. Процесс этот занимает более продолжительное время, что в ряде случаев не спасает современные полупроводниковые приборы от повреждения.

Тем не менее, плавкие предохранители и поныне широко используют в низковольтных цепях постоянного тока, там, где от них не требуется повышенное быстродействие.

Там, где плавкие предохранители не могут эффективно решить задачу защиты радиоэлектронного оборудования и приборов от токовых перегрузок, их можно с успехом использовать в схемах защиты электронных устройств от перенапряжения.

Принцип действия этой защиты прост: при превышении уровня питающего напряжения срабатывает пороговое устройство, устраивающее короткое замыкание в цепи нагрузки, в результате которого проводник предохранителя плавится и разрывает цепь нагрузки.

Метод защиты аппаратуры от перенапряжения за счет принудительного пережигания предохранителя, конечно, не является идеальным, но получил достаточно широкое распространение благодаря своей простоте и надежности. При использовании этого метода и выбора оптимального варианта защиты стоит учитывать, насколько быстродействующим должен быть автомат защиты, стоит ли пережигать предохранитель при кратковременных бросках

4. Защита от перенапряжения

напряжения или ввести элемент задержки срабатывания. Желательно также ввести в схему индикацию факта перегорания предохранителя.

Простейшее защитное устройство [4.1], позволяющее спасти защищаемую радиоэлектронную схему, показано на рис. 4.1. При пробое стабилитрона включается тиристор и шунтирует нагрузку, после чего перегорает предохранитель. Тиристор должен быть рассчитан на значительный, хотя и кратковременный ток. В схеме совершенно не допустимо использование суррогатных предохранителей, поскольку в противном случае могут одновременно выйти из строя как защищаемая схема, так и источник питания, и само защитное устройство.

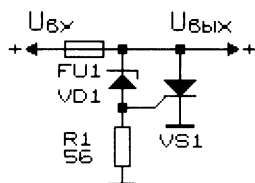


Рис. 4.1. Простейшая защита от перенапряжения

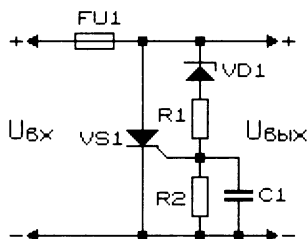


Рис. 4.2. Помехозащищенная схема защиты нагрузки от превышения напряжения

Усовершенствованная схема защиты нагрузки от превышения напряжения, дополненная резистором и конденсатором [4.2], показана на рис. 4.2. Резистор ограничивает предельный ток через стабилитрон и управляющий переход тиристора, конденсатор снижает вероятность срабатывания защиты при кратковременных бросках питающего напряжения.

Следующее устройство (рис. 4.3) защитит радиоаппаратуру от выхода из строя при случайной переполюсовке или превышении

4. Защита от перенапряжения

напряжения питания, что нередко бывает при неисправности генератора в автомобиле [4.3].

При правильной полярности и номинальном напряжении питания диод VD1 и тиристор VS1 закрыты, и ток через предохранитель FU1 поступает на выход устройства.

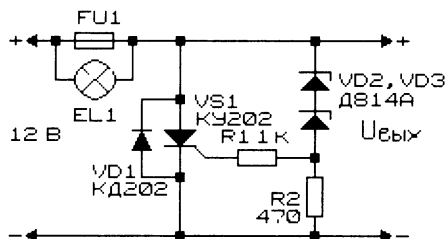


Рис. 4.3. Схема защиты радиоаппаратуры с индикацией аварии

Если полярность обратная, то диод VD1 открывается, и сгорает предохранитель FU1. Лампа EL1 загорается, сигнализируя об аварийном подключении.

При правильной полярности, но входном напряжении, превышающем установленный уровень, задаваемый стабилитронами VD2 и VD3 (в данном случае — 16 В), тиристор VS1 открывается и замыкает цепь накоротко, что вызывает перегорание предохранителя и зажигание аварийной лампы EL1.

Предохранитель FU1 должен быть рассчитан на максимальный ток, потребляемый радиоаппаратурой.

Элементы ТТЛ-логики обычно работоспособны в узком диапазоне питающих напряжений (4,5...5,5 В). Если аварийное снижение питающего напряжения не столь опасно для «здоровья» микросхем, то повышение этого напряжения совершенно недопустимо, поскольку может привести к повреждению всех микросхем устройства.

На рис. 4.4 приведена простая и довольно эффективная схема защиты ТТЛ-устройств от перенапряжения, опубликованная в болгарском журнале [4.4]. Способ защиты предельно прост: как только питающее напряжение превысит рекомендуемый уровень всего на 5% (т.е. достигнет величины 5,25 В) сработает пороговое устройство и включится тиристор. Через него начинает протекать ток короткого замыкания, который пережигает плавкий

4. Защита от перенапряжения

предохранитель FU1. Разумеется, в качестве предохранителя нельзя использовать суррогатные предохранители, поскольку в таком случае может выйти из строя блок питания, защищающий схему тиристор, а затем и защищаемые микросхемы.

Недостатком устройства является отсутствие индикации перегорания предохранителя. Эту функцию в устройство несложно ввести самостоятельно. Примеры организации индикации разрыва питающей цепи приведены также в главе 36 книги [1.5].

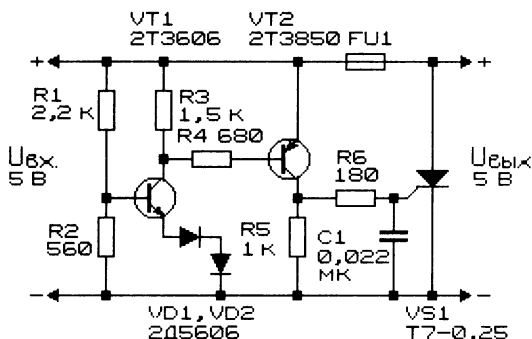


Рис. 4.4. Схема защиты микросхем ТТЛ от перенапряжения

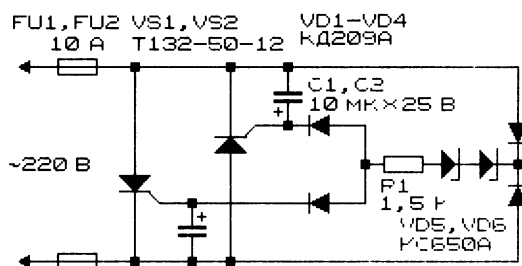


Рис. 4.5. Схема устройства защиты от перенапряжения, работающего на переменном и постоянном токе

Схема устройства, которое в случае аварии в электросети защитит телевизор, видеоманитфон, холодильник и т.д. от перенапряжения, приведена на рис. 4.5 [4.5].

Напряжение срабатывания защиты определяется падением напряжения на составном стабилитроне VD5+VD6 и составляет 270 В.

4. Защита от перенапряжения

Конденсаторы $C1$ и $C2$ образуют совместно с резистором $R1$ RC-цепочку, которая препятствует срабатыванию устройства при импульсных выбросах в сети.

Схема работает следующим образом. При напряжении в сети до 270 В стабилитроны $VD3$, $VD4$ закрыты. Также закрыты и тиристоры $VS1$, $VS2$. При действующем напряжении более 270 В открываются стабилитроны $VD3$, $VD4$, и на управляющие электроды тиристоров $VS1$, $VS2$ поступает открывающее напряжение. В зависимости от полярности полупериода сетевого напряжения ток проходит либо через тиристор $VS1$, либо через $VS2$. Когда ток превышает 10 А , срабатывают автоматические выключатели (пробки, плавкие предохранители), отключая электроприборы от электросети. Нагрузка (на рисунке не показана) подключается параллельно тиристорам. Проверить работоспособность устройства можно с помощью *ЛАТРа*.

Устройство работоспособно и на постоянном токе.

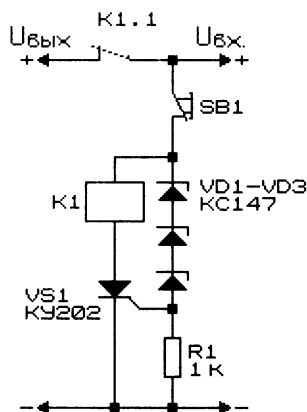


Рис. 4.6. Схéma релейного устройства защиты от перенапряжения с самоблокировкой

Устройство защиты от перенапряжения (рис. 4.6) выгодно отличается от предыдущих тем, что в нем не происходит необратимого повреждения элемента защиты [4.6]. Вместо этого при напряжении свыше $14,1\text{ В}$ пробивается цепочка стабилитронов $VD1 — VD3$, включается и самоблокируется тиристор $VS1$, срабатывает реле $K1$ и своими контактами отключает цепь нагрузки.

4. Защита от перенапряжения

Восстановить исходное состояние устройства защиты можно только после вмешательства оператора — для этого следует нажать на кнопку SB1. Устройство также переходит в рабочий ждущий режим после кратковременного отключения источника питания. К числу недостатков данного устройства защиты относится его высокая чувствительность к кратковременным перенапряжениям.

Устройство (патент *DL-WR 82992*) [4.7], принципиальная схема которого приведена на рис. 4.7, может применяться для защиты нагрузки от недопустимо высокого выходного напряжения. В нормальных условиях транзистор VT1 работает в режиме, когда напряжение между его коллектором и эмиттером небольшое, и на транзисторе рассеивается небольшая мощность (ток базы определяется резистором R1). Сопротивление стабилитрона VD2 в этом случае большое и тиристор VS1 закрыт.

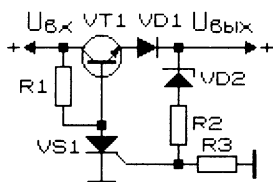


Рис. 4.7. Схема полупроводникового реле защиты нагрузки от перенапряжения

При возрастании напряжения на выходе устройства выше определенной величины через стабилитрон начинает протекать ток, который приводит к открыванию тиристора. Транзистор VT1 при этом закрывается, и напряжение на выходе устройства становится близко к нулю. Отключить защиту можно только отключением источника питания.

Описанное устройство должно включаться в выходную цепь стабилизаторов так, чтобы сигнал обратной связи подавался из цепи, расположенной за системой защиты. При номинальном выходном напряжении 12 В и токе 1 А в устройстве можно применить транзистор *KT802A*, тиристор *KY201A* — *KY201K*, стабилитрон — *D814Б*. Сопротивление резистора R1 должно быть 39 Ом (мощность рассеивания при отсутствии системы автоматики, отключающей стабилизатор от сети, составляет 10 Вт), R2 — 200 Ом, R3 — 1 кОм.

5. Электронные предохранители и ограничители постоянного и переменного тока

Ощутимым недостатком плавких предохранителей является их одноразовость, необходимость последующей ручной замены на другой предохранитель, рассчитанный на тот же ток защиты. Зачастую, когда под рукой нет подходящего, используют предохранители на другой ток или более того, ставят самодельные (суррогатные) предохранители или просто массивные перемычки, что крайне негативно отражается на надежности работы аппаратуры и небезопасно в пожарном отношении.

Обеспечить автоматическую многократную защиту устройства и одновременно повысить ее быстродействие можно за счет использования электронных предохранителей. Эти устройства можно подразделить на два основных класса: первые из них самовосстанавливают цепь питания после устранения причин аварии, вторые — только после вмешательства человека. Известны также устройства с пассивной защитой — при аварийном режиме они только индицируют световым или звуковым сигналом о наличии опасной ситуации.

Для защиты радиоэлектронных устройств от перегрузок по току обычно используют резистивные или полупроводниковые датчики тока, включенные последовательно в цепь нагрузки. Как только падение напряжения на датчике тока превысит заданный уровень, срабатывает защитное устройство, отключающее нагрузку от источника питания. Преимуществом такого способа защиты является то, что величину тока срабатывания защиты можно легко изменять. Чаще всего этого достигают с помощью датчика тока.

Другим эффективным методом защиты нагрузки является ограничение величины предельного тока через нее. Даже при наличии в цепи нагрузки короткого замыкания ток ни при каких обстоятельствах не сможет превысить заданный уровень и повредить нагрузку. Для ограничения предельного тока нагрузки используют генераторы стабильного тока.

5. Электронные предохранители и ограничители

Схемы простой автоматической защиты радиоэлектронных устройств от перегрузок по току представлены на рис. 5.1 и 5.2 [5.1]. Работа устройств такого типа (стабилизатор тока на основе полевого транзистора) подробно рассматривалась ранее в главе 5 (книга 2). Ток нагрузки при использовании такого ограничителя не сможет превысить начального тока стока полевого транзистора. Величину этого тока можно задавать подбором типа транзистора, например, для приведенного на схеме транзистора типа *КП302В* максимальный ток через нагрузку не превысит значения 30...50 мА. Увеличить значение этого тока можно параллельным включением нескольких транзисторов.

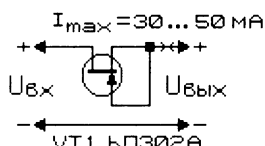


Рис. 5.1. Ограничение предельного тока нагрузки при помощи полевого транзистора

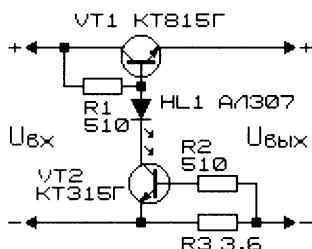


Рис. 5.2. Транзисторный ограничитель предельного тока через нагрузку

В ограничителе тока нагрузки (рис. 5.2) работают обычные биполярные транзисторы с коэффициентом передачи по току не менее 80...100. Входное напряжение через резистор R1 поступает на базу транзистора VT1 и открывает его. Транзистор работает в режиме насыщения, поэтому большая часть входного напряжения поступает на выход источника питания. При токе меньше порогового транзистор VT2 закрыт, и светодиод HL1 не горит. Резистор R3 выполняет роль датчика тока. Как только падение напряжения на нем превысит порог открывания транзистора VT2, он

5. Электронные предохранители и ограничители

откроется, включится светодиод HL1, а транзистор VT1, напротив, начнет закрываться, и ток через нагрузку ограничится.

При указанных на схеме номиналах элементов ток короткого замыкания равен $(0,7 \text{ В}) / (3,6 \text{ Ом}) \approx 0,2 \dots 0,23 \text{ А}$.

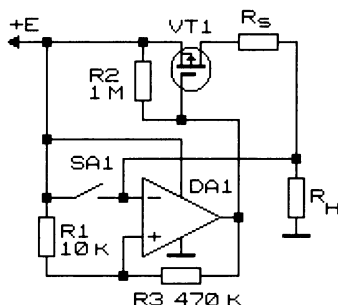


Рис. 5.3. Схема электронного предохранителя на полевом транзисторе

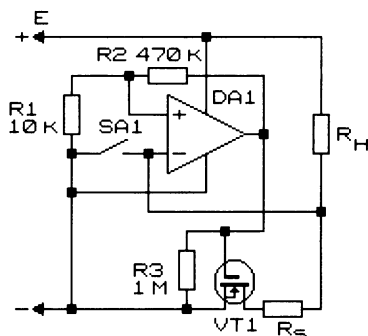


Рис. 5.4. Вариант электронного предохранителя на полевом транзисторе

Электронные предохранители [5.2] можно выполнить с использованием мощного полевого транзистора VT1 в качестве ключа (рис. 5.3 и 5.4). Ток срабатывания защиты определяется соотношением резистивных элементов и зависит, в первую очередь, от величины сопротивления датчика тока, включенного последовательно с полевым транзистором.

После срабатывания защиты для повторного подключения нагрузки необходимо нажать кнопку SA1.

5. Электронные предохранители и ограничители

Стабилизатор (рис. 5.5) позволяет получить на выходе регулируемое в пределах от 0 до 17 В стабильное напряжение [5.3]. Для защиты стабилизатора от короткого замыкания и превышения тока в нагрузке использован тиристор VS1 с датчиком тока на резисторе R2. При увеличении тока в нагрузке включается тиристор, шунтируя цепь управления транзистора VT1, после чего напряжение на выходе падает до нуля. Светодиод HL1 индицирует факт срабатывания защиты. Для повторного запуска стабилизатора после устранения причин перегрузки следует нажать кнопку SB1 и разблокировать тиристор.

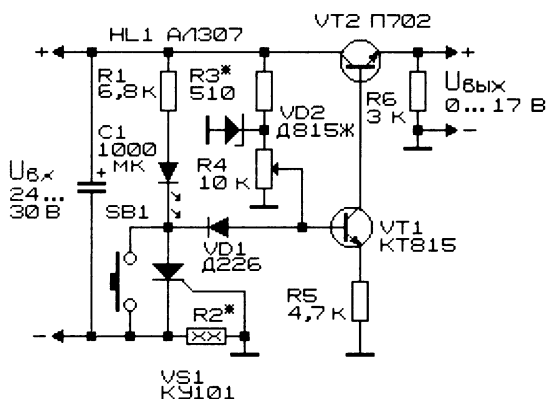


Рис. 5.5. Схема стабилизатора напряжения с защитой

Ток защиты в зависимости от величины сопротивления датчика тока — резистора R2 — может быть установлен от 20...30 мА до 1...2 А. Например, при R2=36 Ом ток срабатывания — 30 мА; при R2=4 Ом — 0,5 А.

В качестве транзистора VT1 можно использовать KT815, KT801, KT807 и др., VT2 — П702, KT802 — KT805 (с радиатором).

Схема источника питания со звуковым сигнализатором превышения потребляемого тока [5.4] показана на рис. 5.6. Выпрямитель на диодах VD1 — VD4 питается от трансформатора, вторичная обмотка которого рассчитана на напряжение 18 В при токе нагрузки не менее 1 А. Регулируемый стабилизатор напряжения выполнен на транзисторах VT2 — VT5 по известной схеме. Потенциометром R7 на выходе стабилизатора может быть установлено напряжение от 0 до +15 В.

5. Электронные предохранители и ограничители

Сигнализатор, обозначенный на схеме устройства как *ЗГ* (звуковой генератор), представляет собой генератор звуковой частоты с подключенным к нему акустическим излучателем, например, динамической головкой. Для управления работой звукового генератора использован ключ на транзисторе VT1.

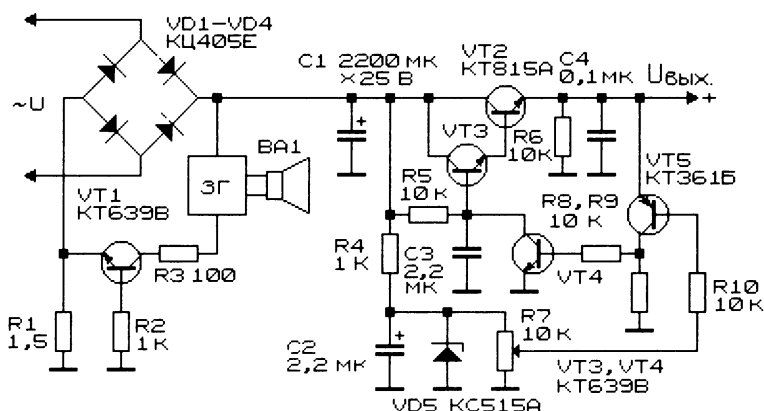


Рис. 5.6. Схема стабилизатора напряжения со звуковой индикацией перегрузки

При работе стабилизатора ток нагрузки проходит через датчик тока R1, создавая на нем падение напряжения. Пока ток небольшой (при указанной на схеме величине этого резистора не более 0,3 А), транзистор VT1 закрыт. По мере роста тока потребления и, соответственно, увеличения напряжения на резисторе, транзистор приближается к порогу открывания. Когда напряжение между базой и эмиттером транзистора VT1 достигнет 0,7 В, он открывается и при дальнейшем росте тока переходит в состояние насыщения. При открывании транзистора выпрямленное напряжение поступает на акустический сигнализатор и приводит его в действие.

Звуковой сигнализатор перегрузки на транзисторе VT1 может быть встроен в любой другой источник питания.

Электронный предохранитель для цепей постоянного тока и, одновременно, стабилизатор напряжения [5.5] может быть выполнен по схеме, показанной на рис. 5.7. На первых двух транзисторах (VT1 и VT2) собран стабилизатор напряжения по традиционной схеме, однако параллельно стабилитрону VD1

5. Электронные предохранители и ограничители

подключен релейный каскад на транзисторах VT3 — VT5 с датчиком тока на резисторе R_X . При увеличении сверх заданной нормы тока в нагрузке этот каскад сработает и зашунтирует стабилитрон. Напряжение на выходе стабилизатора упадет до незначительной величины.

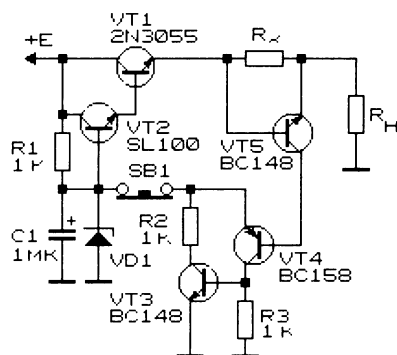


Рис. 5.7. Схема электронного предохранителя — стабилизатора напряжения постоянного тока

Для разблокировки схемы защиты достаточно кратковременно нажать кнопку SB1.

Использование автоматических выключателей нагрузки позволяет предотвратить разряд элементов питания или защитить источник питания от перегрузки. Выполнять функции таймера и автоматически отключать нагрузку при коротком замыкании позволяет устройство по схеме на рис. 5.8 [5.6].

Автовыключатель нагрузки работает следующим образом. При кратковременном нажатии кнопки SB1 конденсатор C1 заряжается от источника питания через резистор R1. Одновременно срабатывает ключ (ключи) КМОП-коммутатора (DA1), обеспечивая тем самым включение мощного транзистора VT1. Если переключатель SA1 разомкнут, устройство работает по схеме таймера. Конденсатор C1 разряжается через цепочку включенных параллельно ему резисторов R3 и R2. Когда конденсатор C1 разрядится, устройство самостоятельно отключится от источника питания и отключит нагрузку.

При замкнутом переключателе SA1 таймер не работает. КМОП-коммутатор блокируется подачей на управляющий вход

5. Электронные предохранители и ограничители

(входы) напряжения высокого уровня через диод VD2 и резисторы R4, R5. Схема защиты источника питания от короткого замыкания в нагрузке выполнена на транзисторе VT2 и работает следующим образом. При работе устройства в нормальном режиме транзистор VT2 закрыт и не влияет на функционирование других элементов схемы. При коротком замыкании в нагрузке ток через диод VD2 не протекает, транзистор VT2 оказывается подключенным к конденсатору C1, на его базу поступает отпирающее смещение через резисторы R5 и R6. Конденсатор C1 разряжается, и происходит отключение устройства. Резистор R4 ограничивает начальный бросок тока при разряде конденсатора C1.

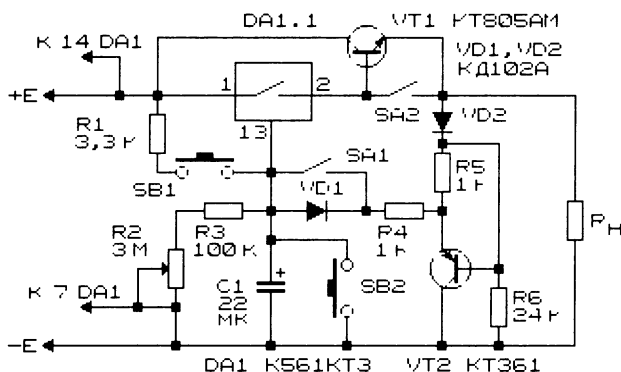


Рис. 5.8. Схема автовыключателя нагрузки — таймера

При суммарном сопротивлении резисторов R2 и R3 100 кОм таймер обеспечивает выдержку в 1 сек, при суммарном сопротивлении 200 кОм — 2 сек, 300 кОм — 3 сек и т.д. до 33 сек. Увеличить время выдержки на один-два порядка можно увеличением номиналов R2, R3 и C1.

Максимальный ток нагрузки определяется типом используемого транзистора VT1 и наличием у него теплоотвода. Незадействованные ключи коммутатора можно подключить параллельно DA1.1 либо использовать в подобных взаимонезависимых схемах автовыключения нагрузки. Такое включение может быть использовано в схемах резервирования функций для обеспечения повышенной надежности работы устройств: выход из строя одного из сопротивлений нагрузки не вызовет отключения или повреждения других каналов. Переключатель SA2 может быть включен при

5. Электронные предохранители и ограничители

малых (до 10 мА на ключ) токах нагрузки. При токах нагрузки до 40 мА можно исключить из схемы транзистор VT1. В этом случае все ключи КМОП-коммутатора DA1 должны быть соединены параллельно.

Устройство работает в диапазоне питающих напряжений 5...15 В и даже при 4 В. Отключить устройство можно нажатием кнопки SB2. В отключенном состоянии оно потребляет ток до долей-единиц мкА.

Известно, что в последовательно соединенной цепи элементы аккумуляторной батареи, разряженные до напряжения ниже 1,1 В, из источника напряжения превращаются в своего рода дополнительную нагрузку для еще неразрядившихся элементов, вызывая резкое падение напряжения на выводах батареи аккумуляторов. Кроме снижения энергоемкости батареи аккумуляторов в целом, это может привести и к повреждению отдельных ее элементов.

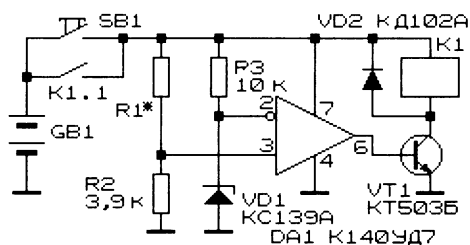


Рис. 5.9. Схема устройства автоматического отключения аккумуляторной батареи

Устройство [5.7], схема которого показана на рис. 5.9, предотвращает слишком глубокую разрядку элементов в батарее. Оно включается между аккумуляторной батареей и нагрузкой. Принцип действия основан на контроле напряжения на нагрузке. Когда оно снижается до уровня $1,1 \times nВ$ (где n — число элементов в аккумуляторной батарее) нагрузка и само устройство отключаются контактной группой реле, и ток через аккумуляторные элементы прекращается (если в самой батарее отсутствуют какие-либо неисправности).

При нажатии кнопки SB1 к источнику тока подключаются и нагрузка, и само контролирующее устройство. Напряжение на

5. Электронные предохранители и ограничители

инвертирующем входе микросхемы DA1 (вывод 2) определяется стабилитроном VD1 и составляет 3,9 В, а на неинвертирующем (вывод 3) — делителем напряжения на резисторах R1 и R2, причем при нормальном напряжении источника оно несколько выше, чем на инвертирующем входе. В таком состоянии на выходе микросхемы имеется высокий уровень напряжения — реле К1 включается, и его контакты К1.1 оставляют включенными нагрузку и контролирующее устройство даже при отпускании кнопки включения.

Когда напряжение на батарее упадет настолько, что его величина на неинвертирующем входе станет менее 3,9 В, на выходе микросхемы напряжение станет низким, и реле обесточится, разрывая цепь питания. Момент переключения зависит от напряжения на батарее аккумуляторов и величины сопротивления резистора R1, которое следует выбрать в соответствии с таблицей 5.1. Для ограничения базового тока транзистора между выходом микросхемы и базой следует включить резистор сопротивлением 1...10 кОм.

**Таблица 5.1. Сопротивление резистора R1
при различном напряжении батареи**

Напряжение батареи, В	Сопротивление резистора, кОм
6,0	1,6
7,2	2,7
8,4	3,9
9,6	4,7
10,8	6,2
12,0	7,5

Данное устройство может давать ложные срабатывания, если к источнику питания подключают слишком мощную нагрузку, при которой напряжение батареи мгновенно «подсаживается». В этом случае отключение нагрузки еще не говорит о том, что элемент (элементы) батареи аккумуляторов разрядился до нижней допустимой границы. Повысить помехозащищенность

5. Электронные предохранители и ограничители

устройства позволит подключение конденсаторов параллельно входам компаратора.

Зарядные устройства (ЗУ) обычно снабжены электронной защитой от короткого замыкания на выходе [5.8]. Однако еще встречаются простые ЗУ, состоящие из понижающего трансформатора и выпрямителя. В этом случае можно применить несложную электромеханическую защиту с использованием реле или автоматических выключателей многократного действия (например, автоматические предохранители или АВМ в квартирных электросчетчиках) [5.8]. Быстродействие релейной защиты составляет примерно 0,1 сек, а с использованием АВМ — 1...3 сек.

Когда аккумулятор (или аккумуляторная батарея) соединен с выходом устройства, реле К1 срабатывает и своими контактами К1.1 подключает ЗУ (рис. 5.10).

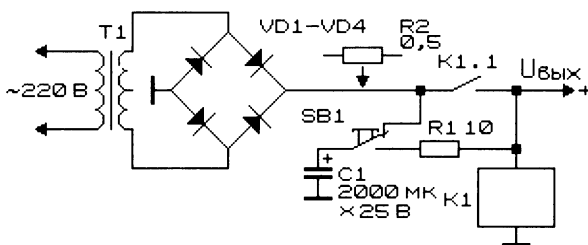


Рис. 5.10. Схема устройства защиты для зарядных устройств

При коротком замыкании выходное напряжение резко уменьшится, обмотка реле будет обесточена, что приведет к размыканию контактов и отключению аккумулятора от ЗУ. Повторное включение после устранения неисправности осуществляется кнопкой SB1. Конденсатор C1, заряженный до выходного напряжения выпрямителя, подключается к обмотке реле. Резистор R1 ограничивает импульс тока при ошибочном включении, когда короткое замыкание на выходе еще не устранено.

Резистор R2 ограничивает ток короткого замыкания. Его можно не устанавливать, если диоды имеют запас по току. Следует помнить, что в этом случае выходное напряжение ЗУ должно быть больше на значение падения напряжения на резисторе R2 при номинальном зарядном токе. АВМ защищает при перегрузках по току, чего релейная защита выполнить не может.

5. Электронные предохранители и ограничители

Автоматический предохранитель (или выключатель) подключают последовательно с контактами реле. Сопротивление *АВМ* — около 0,4 Ом. В этом случае резистор R2 можно не включать.

Для ЗУ автомобильных аккумуляторных батарей необходимо выбрать реле на номинальное напряжение 12 В с допустимым током через контакты не менее 20 А. Этим условиям удовлетворяет реле *РЭН-34 ХП4.500.030-01*, контакты которого следует включить параллельно. Для ЗУ с номинальным током до 1 А можно применить реле *РЭС-22 РФ4.523.023-05*.

Тиристорно-транзисторная схема защиты источника питания от короткого замыкания [5.9] показана на рис. 5.11. Схема работает следующим образом. При номинальном режиме тиристор отключен, транзисторы устройства, включенные по схеме *Дарлингтона*, находятся в состоянии насыщения, падение напряжения на них минимально (обычно единицы вольт). При возникновении короткого замыкания в нагрузке начинает протекать ток через управляющий переход тиристора VS1, происходит его включение. Открытый тиристор шунтирует цепь управления составного транзистора, ток через который снижается до минимума.

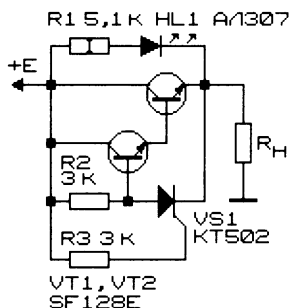


Рис. 5.11. Схема защиты источника питания от короткого замыкания

Светодиод HL1 индицирует наличие короткого замыкания в нагрузке.

Схема рассчитана на работу при больших токах, поэтому на самой схеме защиты падает довольно значительная часть напряжения питания и рассеивается, соответственно, большая мощность.

5. Электронные предохранители и ограничители

Устройство, описанное ниже, одновременно может выполнять роль стабилизатора постоянного и переменного тока большой величины, защищать цепь нагрузки от короткого замыкания, выполнять роль регулируемой активной нагрузки с предельной мощностью рассеяния сотни Вт [5.10, 5.11].

Основой стабилизатора тока является токостабилизирующий двухполюсник, схема которого приведена на рис. 5.12. Он представляет собой модифицированный источник тока, описанный в работе [5.12]. Ток через канал полевого транзистора VT1 определяется, преимущественно, напряжением U_1 (рис. 5.12) и может быть вычислен из выражения: $I = U_1/R_{и}$. Напряжение U_1 является частью напряжения $+E$, приложенного к двухполюснику, а поскольку резистивный делитель R_1/R_2 обеспечивает прямо пропорциональную зависимость между величинами U_1 и $+E$, то такое же соотношение будет наблюдаться между током I и напряжением $+E$.

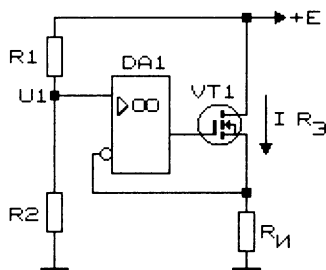


Рис. 5.12. Токостабилизирующий двухполюсник на основе дифференциального усилителя и полевого транзистора

Эквивалентное сопротивление двухполюсника можно представить как: $R_3 = E/I = E \times R_{и}/U_1$. В свою очередь $U_1 = E \times R_{и}/(R_1 + R_2)$.

Отсюда $R_3 = R_{и} + (R_1 \times R_{и}/R_2)$ или $R_3 = R_{и} \times (1 + R_1/R_2)$. Следовательно, ток через двухполюсник можно изменять, регулируя либо величину $R_{и}$, либо соотношение сопротивлений делителя R_1/R_2 . При $R_1 \gg R_2$ выражение для вычисления эквивалентного сопротивления двухполюсника упростится: $R_3 = R_{и} \times R_1/R_2$.

Практическая схема узла активной нагрузки — стабилизатора постоянного тока — приведена в статье [5.10], а ниже, на рис. 5.13 показана возможность использования этого схемного решения для стабилизации переменного тока [5.11].

5. Электронные предохранители и ограничители

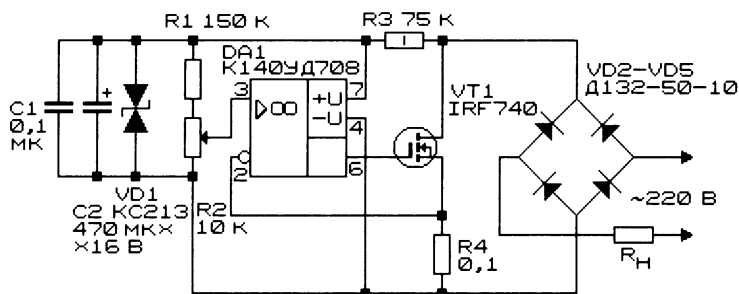


Рис. 5.13. Стабилизатор переменного (и постоянного) тока с регулируемым током нагрузки от единиц мА до 8 А

Ток в цепи стабилизатора можно плавно регулировать поворотом ручки потенциометра R2 в пределах от нескольких мА до 8 А, причем максимальный ток нагрузки при необходимости можно увеличить еще на порядок, применив вентиляторы, радиаторы, нарастив количество параллельно задействованных полевых транзисторов.

6. Электронные предохранители переменного тока

Схемы защиты радиоэлектронного оборудования, работающие на переменном токе, обычно более сложны и получили меньшее распространение. Это обусловлено тем, что большинство полупроводниковых приборов работает на постоянном токе и, кроме того, надежность работы полупроводниковых приборов на повышенных напряжениях сетевого уровня невелика, поскольку любой случайный бросок напряжения, например, при переходных процессах, может легко пробить переход даже самого высоковольтного полупроводникового прибора.

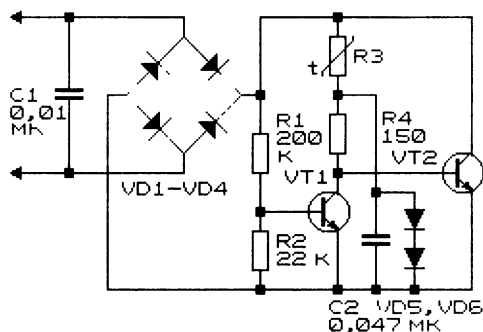


Рис. 6.1. Схема полупроводникового биполярного предохранителя на позисторе

Полупроводниковый биполярный «предохранитель» (рис. 6.1) способен защитить электронную схему от перегрузки по току [6.1]. Для уменьшения остаточного тока в отключенном состоянии в схеме использован позистор. Когда ток нагрузки меньше допустимого, транзистор VT1 заперт, а VT2 — открыт и находится в состоянии насыщения. Падение напряжения на участке эмиттер — коллектор транзистора VT2 мало. При перегрузке это напряжение заметно возрастает, что вызывает открывание транзистора VT1 и возрастание его коллекторного тока. При этом транзистор VT2 закрывается. Ток через электронный предохранитель уменьшается. К позистору прикладывается значительно большее напряжение, в связи с чем

6. Электронные предохранители переменного тока

он разогревается. Сопротивление позистора резко увеличивается на несколько порядков, VT2 закрывается еще больше, и остаточный ток через предохранитель существенно снижается.

«Предохранитель» можно использовать в цепях как постоянного, так и переменного тока, а также для защиты выходных каскадов транзисторных усилителей.

Конденсатор C2 снижает чувствительность устройства к импульсным перегрузкам малой длительности. Диоды VD5 и VD6 защищают транзистор VT2 от импульсов тока большой величины при работе устройства на переменном токе.

Быстрое отключение радиоаппаратуры от питающей сети при изменении ее напряжения более допустимых пределов осуществляет т.н. полуавтомат (рис. 6.2) [6.2]. От подобного устройства [6.3] он отличается тем, что при «скачках» напряжения отключает нагрузку от сети, и повторное его включение возможно только после нажатия на пусковую кнопку SB1.

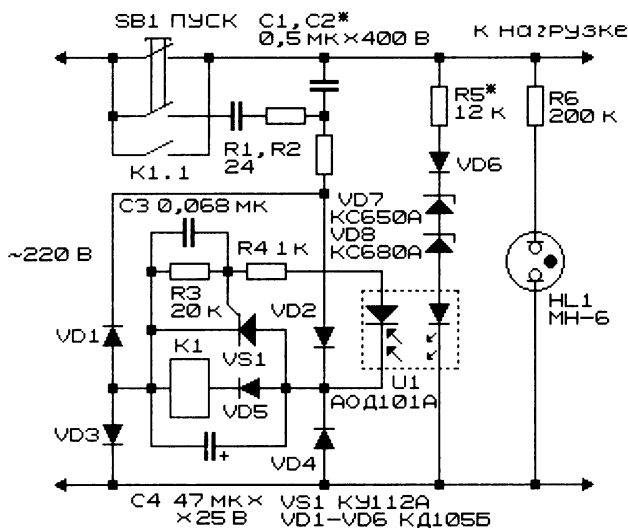


Рис. 6.2. Схема полуавтомата защиты аппаратуры при изменении напряжения сети

Для питания обмотки электромагнитного реле K1 использован мостовой выпрямитель VD1 — VD4, подключенный к сети через гасящие конденсаторы C1 и C2. Включают устройство

6. Электронные предохранители переменного тока

кратковременным нажатием на кнопку SB1. Реле K1 срабатывает, его контакты K1.1 блокируют контакты пусковой кнопки. Конденсатор C1 обеспечивает необходимый пусковой ток реле при включении.

При повышении напряжения сети до 240 В начинают проводить ток стабилитроны VD7 и VD8. Ток через оптрон U1 отпирает тринистор VS1, который блокирует цепь питания обмотки реле K1. Реле отключает нагрузку устройства от сети.

В рабочем режиме реле удерживается током, протекающим через конденсатор C2. При снижении напряжения сети ниже 160 В реле самоотключается.

Налаживают устройство подбором емкости конденсаторов C2 и C1 по срабатыванию устройства при снижении напряжения сети до 160...170 В и надежному включению его пусковой кнопкой SB1. Подбор емкостей производят путем параллельного подключения конденсаторов малой емкости к конденсаторам большой емкости. Рабочее напряжение этих конденсаторов должно быть не ниже 300 В. В цепь анода тиристора VS1 желательно установить ограничительный резистор сопротивлением 10 Ом.

Оптрон можно заменить маломощным импульсным трансформатором, например, согласующим трансформатором УЗЧ, обмотки которого содержат по 150...300 витков провода ПЭВ-2 0,15...0,3. Обмотку с меньшим числом витков подключают вместо фотодиода оптрона U1, а обмотку с большим числом витков — вместо его светодиода; резисторы R3 и R4 удаляют. Реле K1 — на рабочее напряжение 12...60 В, его контакты должны быть рассчитаны на ток 2...3 А при напряжении сети 220 В.

Все элементы устройства гальванически связаны с электросетью, что требует повышенной осторожности при работе с ним.

Электронный предохранитель, работающий на переменном токе и срабатывающий при токе нагрузки около 10 А разработал А. Флавицкий (рис. 6.3) [6.4].

В качестве ключевого элемента использован тиристор VS1, сопряженный с элементом управления — оптоэлектронной парой U1 типа АОУ103А. В свою очередь светодиод оптронной пары включен в качестве нагрузки в схему контроля тока нагрузки. Датчиком этого тока служит проволоочный резистор R11. Как только

6. Электронные предохранители переменного тока

напряжение на нем возрастет до $1,3 B$, что соответствует току нагрузки $10 A$, откроется транзистор VT1 и включит тиристор VS2. Нагрузкой этого тиристора и является светодиод оптрона U1, а также индикатор визуального контроля — светодиод HL1.

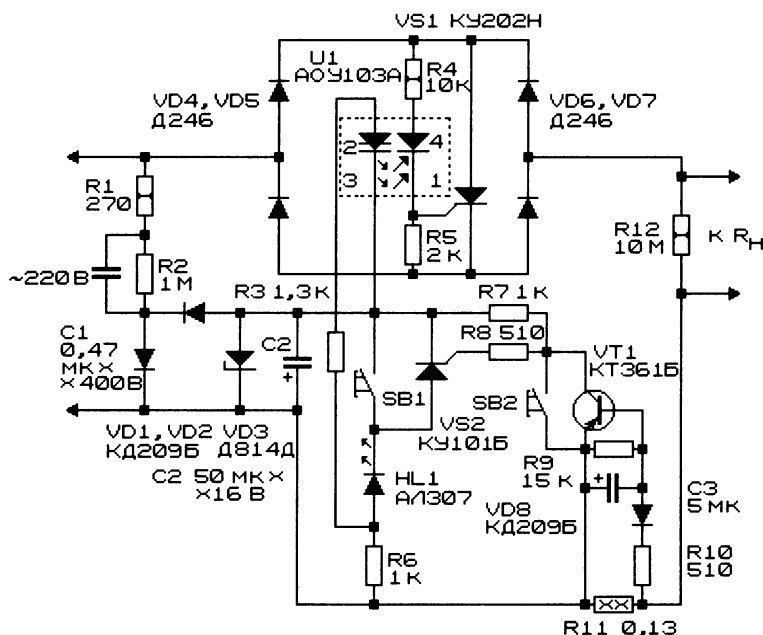


Рис. 6.3. Схема электронного предохранителя переменного тока

Питание устройство контроля тока получает от простейшего выпрямителя с использованием гасящего конденсатора и параметрического стабилизатора на стабилитроне VD3.

Для принудительного отключения нагрузки и проверки работы устройства, а также для повторного запуска (включения) устройства после устранения причин перегрузки служат кнопки SB1 и SB2.

7. Полупроводниковые самовосстанавливающиеся элементы защиты электронных схем

Для нормального функционирования РЭА опасными являются стойкие или кратковременные превышения напряжения питающей сети. Известно, что в обычной питающей сети 220 В 50 Гц достаточно часто присутствуют опасные для бытовой аппаратуры высоковольтные (свыше 400 В) импульсы напряжения длительностью от десятых долей микросекунды до единиц миллисекунд [7.1].

Источником этих импульсов могут быть разряды молний, переходные процессы, пробой изоляции и т.д. Методы снижения импульсных помех в цепях питания с помощью LC- и RC-фильтров, экранов между обмотками сетевых трансформаторов зачастую не спасают положения. Например, до микросхем реально доходят импульсы с энергией до миллиджоуля, вполне способные вывести аппаратуру из строя [7.1]

Ранее для защиты радиоэлектронной аппаратуры и ее узлов от перенапряжения широко использовали газоразрядные приборы.

В ионных разрядниках используют свойства дугового разряда, искрового разряда и, реже, тлеющего разряда. Наиболее широко применяется дуговой разряд, характеризующийся низким падением напряжения в разрядном промежутке и большими токами. В низковольтных разрядниках (до 500 В) при приложении напряжения выше напряжения пробоя или равного ему возникает сначала тлеющий разряд, который быстро переходит при дальнейшем повышении напряжения в дуговой. В высоковольтных разрядниках сначала возникает искровой разряд, который также переходит в дуговой при условии достаточно мощного источника тока или большой разряжающейся емкости [7.2 — 7.4].

Разрядники — это двухэлектродные, реже трехэлектродные приборы, их выполняют в стеклянном или в металлокерамическом оформлении. В ионных разрядниках обычно используют

7. Самовосстанавливающиеся элементы защиты

активированные электроды: оксидированный или торированный вольфрам, никель, покрытый калием или барием, сплавы вольфрама, никеля и окиси бария или молибдена и вольфрама. Применяют также чистые металлы: вольфрам, нержавеющую сталь, молибден, алюминий. В качестве наполнителя в ионных разрядниках служат чистые инертные газы или их смеси, водород, воздух, кислород в смеси с водяными парами или углекислым газом [7.2 — 7.4].

Важнейшие параметры ионных разрядников: напряжение пробоя (75...20000 В); допустимый ток разряда (от сотых долей до 1000 А) или энергия разряда; сопротивление изоляции; допустимое время разряда или длительность импульса; допустимое число пробоев (до 10^7) или время работы. Параметры, определяющие общую работоспособность прибора: время запаздывания зажигания и время установления электрической прочности прибора [7.2 — 7.4].

Из числа зарубежных разрядников наибольшую известность в России приобрели изделия фирмы *Epcos*. Газонаполненные разрядники этой фирмы обычно применяют для защиты телефонных линий, линий связи и радиоэлектронного оборудования от перенапряжений, возникающих в результате грозových разрядов и электромагнитных импульсов [7.5].

При достижении заданного напряжения в разряднике возникает дуговой разряд, и сопротивление его резко снижается с величины, превышающей 1 ГОм до значения менее 0,1 Ом. После окончания воздействия перенапряжения высокое электрическое сопротивление разрядника восстанавливается.

Разрядники фирмы *Epcos* [7.5] имеют маркировку *Mxx-Сууу*, где *xx* — код конструктивного исполнения элемента (50 — без выводов; 51 — с выводами); *ууу* — значение напряжения статического пробоя, В. Амплитуда тока через разрядники этого типа в импульсе длительностью 8/20 мкс, а также для синусоидального тока частотой 50 Гц может достигать 2,5 кА. Межэлектродная емкость разрядников около 1 пФ. Размеры: диаметр — 5 мм, высота — 5 мм.

Ряд значений напряжения пробоя для разрядников серии *M50-Сууу* (*M51-Сууу*) составляет: 90; 230; 350; 600 В. Напряжение горения дуги для разрядников этого типа составляет 10...25 В.

7. Самовосстанавливающиеся элементы защиты

Газонаполненные разрядники типов *Q69-X891* и *T83-A230X* предназначены для защиты телекоммуникационных систем, мобильных систем связи, оборудования кабельного телевидения, измерительного оборудования от повреждения высоковольтным напряжением, в том числе грозового происхождения. Импульсный разрядный ток может достигать до 5...20 кА при напряжении пробоя 90, 150, 230, 350 и 600 В.

Для разрядников других серий фирмы *Epcos* диапазон рабочих напряжений (пробоя) находится в пределах 70...4500 В, импульсный ток — до 40 кА (импульс 8/20 мкс) и 20 А при действии тока до 1 сек. Для получения нестандартных значений напряжений защиты возможно каскадирование нескольких разрядников с введением выравнивающих напряжение резисторов.

К полупроводниковым приборам, применяемым для уменьшения импульсных помех, относят металлооксидные варисторы, полупроводниковые приборы общего назначения и специальные полупроводниковые ограничители напряжения [7.1].

У полупроводниковых ограничителей напряжения *VAX* аналогична стабилитронной. *VAX* ограничителя, как и у стабилитрона, не симметрична. Для ограничения импульсов обоих знаков удобно два ограничителя включить встречно-последовательно (рис. 7.1). Основное отличие полупроводниковых ограничителей от стабилитронов — их способность рассеивать большую импульсную мощность. Современные варисторы, уступая ограничителям по времени срабатывания, конкурируют с ними по стоимости. Однако характеристики варисторов ухудшаются на некоторое время после воздействия каждого импульса помехи. У полупроводниковых ограничителей это явление отсутствует.

Для снижения амплитуды высоковольтных импульсов на пути от сети 220 В до выводов питания микросхем наиболее целесообразно включать ограничители в состав источника питания [7.1]. Если в питающей сети появятся импульсы, энергия которых будет больше допустимой для примененного ограничителя, он, как и стабилитрон при слишком большом токе стабилизации, перегреется и выйдет из строя. С этого момента аппаратура, включенная в сеть, окажется незащищенной.

Поэтому существенным недостатком применения ограничителей считают отсутствие информации об их работоспособности

7. Самовосстанавливающиеся элементы защиты

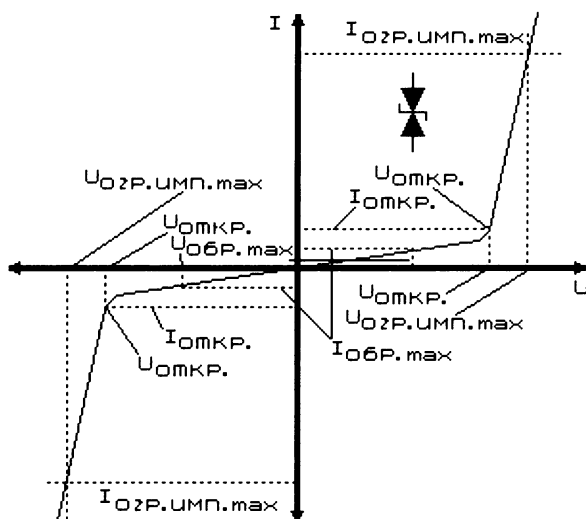


Рис. 7.1. ВАХ полупроводникового симметричного ограничителя напряжения

или выходе из строя после воздействия мощных импульсов. Чтобы обеспечить индикацию исправного состояния симметричного ограничителя, его составляют из двух одиночных и подключают к нему цепь из трех светодиодов и двух токоограничивающих резисторов (рис. 7.2).

Особенность работы такого индикатора исправности — использование светодиодов в нестандартном режиме. При исправных ограничителях VD1 и VD2 и положительном полупериоде напряжения сети (плюс — на верхнем по схеме сетевом проводе) ток беспрепятственно протекает через ограничитель VD1, открытый в прямом направлении, и через светодиод HL1. Ограничитель VD2 в это время закрыт.

В результате почти все сетевое напряжение оказывается приложенным к цепи HL3 и R2, причем к светодиоду — в обратном направлении. Поэтому светодиод HL3 открывается в обратном направлении, а ток через него ограничивает резистор R2. Таким образом, через всю цепь от плюсового провода до минусового протекает ток около 2 мА. Этого достаточно, чтобы обеспечить заметное свечение «зеленого» светодиода HL1. Светодиод

7. Самовосстанавливающиеся элементы защиты

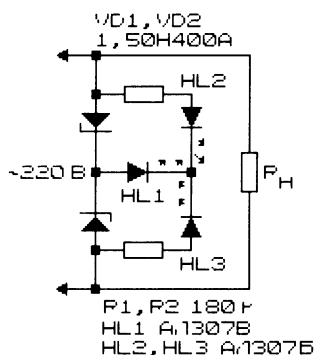


Рис. 7.2. Типовая схема включения ограничителя напряжения с индикацией отказа

HL2 не излучает свет, так как к цепи HL2 и R1 приложено слишком малое напряжение (менее 3 В).

При смене полярности напряжения сети происходят те же процессы, только меняются местами VD1 и VD2, R2 и R1, HL3 и HL2. То есть исправность ограничителей подтверждает зеленый сигнал индикатора. В ряде случаев описанный индикатор может одновременно служить индикатором наличия сетевого напряжения.

При выходе из строя (обрыве) ограничителя VD1 гаснет «зеленый» светодиод HL1 и включается «красный» светодиод HL2, а при порче ограничителя VD2 — «красный» HL3.

В схеме на рис. 7.2 использованы ограничители типа 1,50H400A. Импульсная максимальная допустимая мощность ограничителя — 1,5 кВт. Амплитуда переменного напряжения открывания ограничителей при токе открывания 1 мА — 400 ± 20 В. Коэффициент ограничения — 1,2...1,3. Мощность, потребляемая от сети при отсутствии высоковольтных импульсов — до 0,5 Вт.

Выпускаемые в России комбинированные защитные микросборки ЗА-0 имеют проволочные выводы и рассчитаны на встраивание в аппаратуру, а ЗА-1 оформлены в виде пластмассовой сетевой вилки с жесткими штырями для установки в стандартную сетевую розетку [7.6]. Их электрическая схема соответствует типовой, приведенной на рис. 7.2.

Маркировка защитных устройств ЗА-0-1.5-400А — ЗА-0-1.5-800Б расшифровывается так: 0 или 1 — вариант конструктивного

7. Самовосстанавливающиеся элементы защиты

оформления (см. выше); 1,5 — импульсная максимальная допустимая мощность индикатора в $kBт$; трехзначное число — напряжение открывания, B ; буква A или B — разброс напряжения открывания, 5 или 10%, соответственно.

Повреждение электронных компонентов может произойти и от перегрузки по току. Традиционно для защиты радиоэлектронного оборудования и линий связи используют плавкие предохранители и *позисторы* — терморезисторы с положительным температурным коэффициентом (*ПТК*) или *Positive Temperature Coefficient (PTC)* [7.5, 7.7 — 7.10]. Плавкие предохранители обеспечивают только однократную защиту, следовательно, для продолжения работы требуется их замена. Известны также примеры использования в устройствах защиты термисторов (терморезисторов) с отрицательным температурным коэффициентом типа *NTC* или *Negative Temperature Coefficient*.

Для защиты от токовых перегрузок в последнее время используют самовосстанавливающиеся предохранители *PolySwitch* (рис. 7.3) фирм *Raychem*, *Epcos*, *Bourns* и др. [7.5, 7.7 — 7.9]. Элементы токовой защиты *PolySwitch* с рабочим напряжением 15, 30 и 60 B изготавливают из материалов с *ПТК*. Эти материалы выполнены из органического полимера с малой теплоемкостью и содержат равномерно рассеянные ультрадисперсные частицы токопроводящего вещества (углерода). В нормальном (проводящем) состоянии эти частицы внутри элемента *PolySwitch* образуют токопроводящие цепочки в окружающем их полимерном материале. Если ток через элемент превышает допустимый, происходит его внутренний разогрев. Это вызывает фазовый переход: структура полимерного материала скачкообразно переходит из кристаллической в аморфную, разрываются внутренние токопроводящие цепи, и сопротивление предохранителя *PolySwitch* увеличивается до 10^7 Ом . В высокоомном состоянии внутренняя температура элемента достигает $120^\circ C$. За счет протекания остаточного тока (десятые-сотые доли mA) внутренняя температура элемента *PolySwitch* поддерживается довольно высокой для предотвращения образования вновь токопроводящих цепей. Когда приложенное к цепи напряжение снимается, предохранитель *PolySwitch* быстро остывает, происходит восстановление токопроводящих цепей. Сопротивление элемента уменьшается до исходной величины.

7. Самовосстанавливающиеся элементы защиты

Элементы *PolySwitch* серий TR и TS срабатывают значительно быстрее, чем керамические позисторы. Их использование для защиты *РЭА* наиболее эффективно в составе комплексной системы, состоящей из устройства защиты от перенапряжений и элементов *PolySwitch* в качестве средства токовой защиты (рис. 7.3).

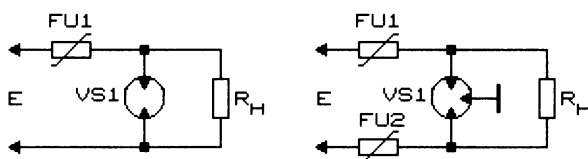


Рис. 7.3. Типовые схемы включения полупроводниковых элементов самовосстанавливающейся защиты от токовых перегрузок и перенапряжения

В качестве элементов защиты от перенапряжений можно использовать двух- или трехэлектродные разрядники фирмы *Siemens*. Защитные устройства на базе элементов *PolySwitch* корпорации *Raychem* совместно с разрядниками *Siemens* обеспечивают многократную самовосстанавливающуюся защиту оборудования [7.7, 7.8].

Полимерные самовосстанавливающиеся предохранители корпорации *Raychem* типа *RXExxx* рассчитаны на максимальный допустимый ток при $xxx=010; 030; 090; 375$, соответственно 0,1; 0,3; 0,9 и 3,75 А (включая промежуточные значения). Рабочее напряжение — 60 В. Они имеют максимальное сопротивление в проводящем состоянии 7,5; 2,1; 0,47 и 0,1 Ом, а минимальное — 2,5; 0,88; 0,20 и 0,04 Ом при времени срабатывания 0,4; 0,9; 1,5 и 7 сек, соответственно [7.8]. Кроме них известны предохранители серий *RUExxx* (рабочее напряжение 30 В), *SRPxxx*, *SMDxxx*, *TRxxx-yyy*.

8. Индикаторы отказа элементов схем

Для защиты радиоэлектронного оборудования от токовых перегрузок используют плавкие и тепловые предохранители с использованием биметалла или элементов с памятью формы, а также полупроводниковые предохранители с самовосстановлением, см. главу 7. Своевременная реакция на срабатывание системы защиты радиоэлектронного и электросилового оборудования позволит предупредить развитие аварийной ситуации, устранить причину неисправности.

При срабатывании элементов защиты для оперативного установления причин неисправности или оповещения обслуживающего персонала о наличии аварийной ситуации используют визуальные, звуковые и аудиовизуальные индикаторы отказа элементов схем. Наиболее часто такие устройства используют для индикации перегорания предохранителей.

Устройство (рис. 8.1) для контроля напряжения [8.1] позволяет индицировать наличие напряжения постоянного тока, а также факт перегорания предохранителя.

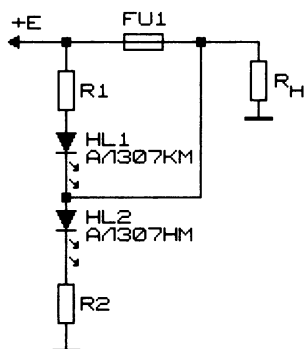


Рис. 8.1. Схема индикатора напряжения — индикатора перегорания предохранителя

При штатном режиме работы предохранитель шунтирует цепь, состоящую из резистора R1 и светодиода HL1 красного цвета свечения. Параллельно источнику питания и нагрузке

8. Индикаторы отказа элементов схем

подключена цепь из светодиода HL2 зеленого цвета свечения и токоограничивающего резистора R2.

При перегорании предохранителя, в случае, если сопротивление нагрузки много меньше сопротивления резистора R2, нагрузка шунтирует цепь из светодиода HL2 и резистора R2. Светится только светодиод HL1 красного цвета. При одновременном перегорании предохранителя и обрыве нагрузки к источнику питания оказывается подключенной последовательная цепь из резисторов R1 и R2 и светодиодов HL1 и HL2. Оба светодиода светятся неярким светом.

При использовании схемы на переменном токе встречно-параллельно светодиодам следует включить защитные слаботочные диоды, например, КД102.

Одна из простейших схем, позволяющая констатировать факт перегорания предохранителя в цепях как постоянного, так и переменного тока [8.2], показана на рис. 8.2. Она состоит из элементов, включенных параллельно предохранителю: резистора R1, ограничивающего максимальный ток; диода VD1, защищающего индикатор от неправильного подключения к источнику питания или обратного напряжения при работе устройства на переменном токе и, собственно, самого индицирующего элемента — светодиода HL1. При мощности нагрузки более 15 Вт и постоянном напряжении свыше 27 В сопротивление резистора (кОм) можно приблизительно определить как частное от деления величины питающего напряжения (В) на рабочий ток светодиода (мА).

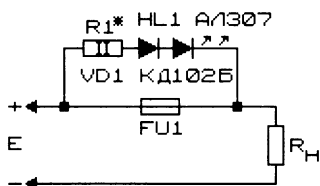


Рис. 8.2. Схема сигнализатора перегорания предохранителя в цепи постоянного тока

При токе через светодиод 10...20 мА величина этого сопротивления (кОм) примерно равна $50...100U_{\text{пит.}}(В)$. При малых напряжениях в расчетах следует учитывать, что на светодиоде падает напряжение около 2 В, на диоде — 0,5...0,7 В. При работе

8. Индикаторы отказа элементов схем

сигнализатора на переменном токе величину сопротивления следует уменьшить вдвое.

Недостатком данного сигнализатора, как, впрочем, и многих остальных, является то, что светодиод не светится при наличии высокоомной нагрузки или обрыве в цепи нагрузки.

Схема индикатора перегорания предохранителя в цепи постоянного тока [8.3] приведена на рис. 8.3. Его основой служит двухцветный светодиод *АЛС331А*.

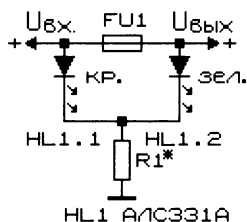


Рис. 8.3. Схема индикатора перегорания предохранителя в цепи постоянного тока на двухцветном светодиоде

Пока предохранитель *FU1* исправен, напряжение источника питания поступает на обе части светодиода *HL1* одновременно. Если бы токи через них были близки по значению, то их общий цвет свечения был бы желтый или оранжевый. Однако, поскольку *ВАХ* светодиодов красного и зеленого свечения заметно различаются (*ВАХ* светодиода красного свечения идет круче), большая часть тока будет протекать именно через «красный» светодиод. Суммарный цвет свечения при параллельном включении двухцветного светодиода *АЛС331А* при исправном предохранителе будет красно-оранжевым.

При перегорании предохранителя светодиод красного свечения останется подключенным к источнику питающего напряжения, а зеленого — окажется отключенным. Поэтому общий цвет свечения светодиода станет красный, что и явится сигналом о выходе из строя предохранителя. Светодиод *АЛС331А* можно заменить двумя отдельными светодиодами красного и зеленого цветов свечения, например, *АЛ307Б* и *АЛ307В* (рис. 8.4).

Для того чтобы разница в суммарном цвете свечения была более заметна, начальные токи в светодиодах разного цвета свечения выравнивают. Проще всего это достигается за счет

8. Индикаторы отказа элементов схем

включения дополнительного диода последовательно с «красным» светодиодом (рис. 8.4). Происходит выравнивание падений напряжения на левой и правой ветвях индикаторов, через светодиоды протекают примерно равные токи, следовательно, суммарный цвет свечения светодиодов будет соответствовать цветовому оттенку, промежуточному между красным и зеленым цветом.

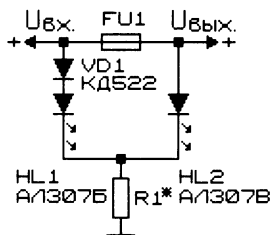


Рис. 8.4. Улучшенная схема индикатора на светодиодах разного цвета свечения

При перегорании предохранителя ток протекает только через светодиод красного свечения.

Индикаторы по схемам рис. 8.3 и 8.4 [8.3] рекомендуются для использования в устройствах, питающихся от источников напряжения до 3 В. Такое ограничение обусловлено тем, что при перегорании предохранителя почти все питающее напряжение (за вычетом падения напряжения на светодиоде HL1 и диоде VD1) поступает на резистор R1, и светодиод HL2 оказывается обратносмещенным. При превышении этого напряжения в обратносмещенных светодиодах происходит лавинный пробой, а поскольку величина токоограничивающего резистора невелика, светодиод может быть поврежден.

Для защиты светодиодов от пробоя обратным напряжением в устройство индикации надо ввести еще два диода, как показано на рис. 8.5 [8.3]. Тогда диод VD3 будет выполнять роль защиты, а VD2 — компенсировать напряжение на нем.

Сопротивление резистора R1, как и в предыдущих случаях, можно определить как отношение разности напряжения питания и падения напряжения на светодиоде (и включенном последовательно ему диоде) к току через светодиод.

Индикатор перегорания предохранителя (рис. 8.6) включен последовательно с нагрузкой и параллельно предохранителю [8.4].

8. Индикаторы отказа элементов схем

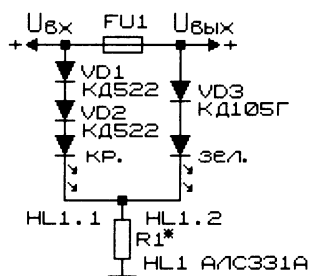


Рис. 8.5. Схема индикатора перегорания предохранителя с защитой светодиодов от пробоя обратным напряжением

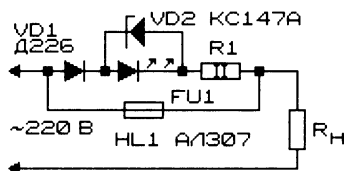


Рис. 8.6. Схема индикатора перегорания предохранителя для переменного и постоянного тока

В случае перегорания предохранителя и при коротком замыкании в нагрузке ток протекает через индикатор. Диод VD1 и стабилитрон VD2 обеспечивают рекомендованный для светодиодов режим работы, резистор R1 ограничивает предельный ток через светодиод. Устройство работоспособно и в цепях постоянного тока при условии его подключения в соответствующей полярности.

Недостатком устройства является то, что светодиод при высокоомной нагрузке или разрыве цепи нагрузки светится очень слабо или совсем гаснет. Кроме того, через нагрузку даже при перегоревшем предохранителе протекает значительный ток (10...20 мА).

Более простая, но не лишенная тех же недостатков, схема индикатора перегорания предохранителя, работающая как в цепях переменного, так и постоянного тока, показана на рис. 8.7.

Для индикации перегорания предохранителя FU1 (рис. 8.8) был использован или двухцветный светодиод, или пара менее дефицитных разноцветных светодиодов HL1 и HL2, например, зеленого и красного цвета свечения [8.5]. При исправном предохранителе светится только «зеленый» светодиод HL1. Как только

8. Индикаторы отказа элементов схем

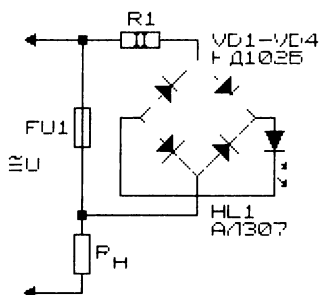


Рис. 8.7. Схема индикатора перегорания предохранителя для цепей переменного и постоянного тока

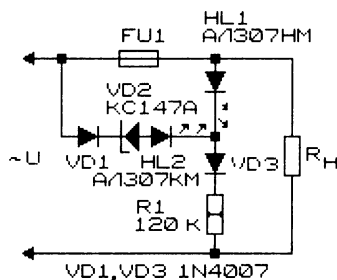


Рис. 8.8. Схема индикатора перегорания предохранителя на двух светодиодах

предохранитель перегорает, этот светодиод обесточивается, ток начинает протекать через последовательную цепочку, состоящую из диода $VD1$, стабилитрона $VD2$, светодиода $HL2$ и диода $VD3$. Диод $VD3$ обеспечивает защиту светодиодов от пробоя при отрицательной полуволне сетевого напряжения.

Рассмотренные ранее индикаторы перегорания предохранителя были недостаточно экономичны, поскольку в своем большинстве нерационально расходовали ресурсы элементов питания: индицирующий элемент — светодиод — был постоянно подключен параллельно цепи питания и постоянно потреблял ток до 20 мА.

Более экономичными индикаторами являются устройства, схемы которых приведены на рис. 8.9 и 8.10 [8.6]. Ток, потребляемый индикаторами в режиме ожидания, не превышает 1...2 мА. При перегорании предохранителя транзистор $VT1$ открывается, включается сигнализатор аварии — светодиод $HL1$.

8. Индикаторы отказа элементов схем

Устройство, схема которого приведена на рис. 8.10, можно использовать и в цепях переменного тока.

Оба устройства рассчитаны на питание от источника 9 В. При иных напряжениях питания потребуется соответствующая коррекция резистивных элементов.

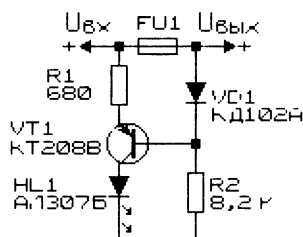


Рис. 8.9. Схема светодиодного индикатора перегорания предохранителя для цепей постоянного тока

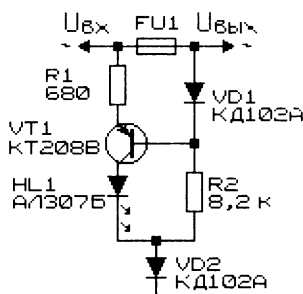


Рис. 8.10. Схема светодиодного индикатора перегорания предохранителя для постоянного и переменного тока

Обычно для индикации перегорания предохранителя используют низковольтные трехполюсники постоянного тока: при срабатывании сигнализации можно наблюдать непрерывное свечение светодиода.

Перегорание предохранителя или иное размыкание цепи системы токовой защиты устройство (рис. 8.11) индицирует синхронными послылками коротких звуковых и световых сигналов [8.7, 8.8].

Индикатор выполнен в виде двухполюсника, включаемого параллельно предохранителю в цепь постоянного или переменного тока напряжением 10...1000 В с частотой до 1 кГц и выше. В

8. Индикаторы отказа элементов схем

состав устройства входит резистивный ограничитель тока — составной времязадающий резистор R1, R2, мостовой диодный выпрямитель (VD1 — VD4), элемент звуковой (BQ1) и световой (HL1) индикации и негатрон, выполненный на транзисторах VT1, VT2 и резисторах R3, R4.

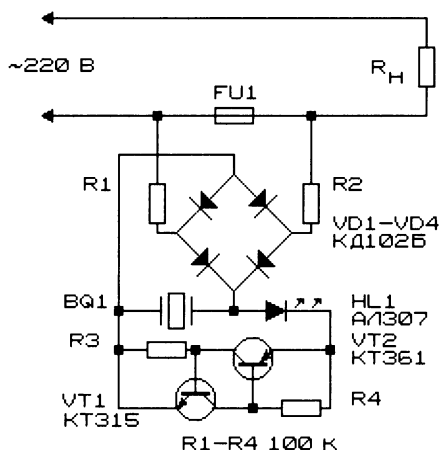


Рис. 8.11. Схема индикатора перегорания предохранителя для постоянного и переменного тока

Роль времязадающего конденсатора в устройстве выполняет пьезокерамический излучатель BQ1, который, если использовать только светодиодную индикацию, можно заменить конденсатором емкостью 0,022...0,5 мкФ.

При перегорании предохранителя (размыкании цепи защиты) на индикатор подается напряжение сети, а устройство генерирует прерывистые световые и звуковые сигналы (щелчки). Предполагается, что сопротивление нагрузки после срабатывания защиты (перегорания предохранителя) находится в пределах от 0 до нескольких МОм. Для индикации перегорания предохранителя при оборванной цепи нагрузки параллельно ей следует включить резистор сопротивлением 1...2 МОм. Остаточный ток, протекающий через нагрузку и индикатор при напряжении сети 220 В, не превышает 1 мА.

Для индикации обрыва в цепи питания радиоэлектронного или электросилового оборудования предназначено устройство

8. Индикаторы отказа элементов схем

(рис. 8.12), которое может быть подключено параллельно элементу защиты — плавкому или тепловому предохранителю, коммутатору нагрузки и т.д. [8.9].

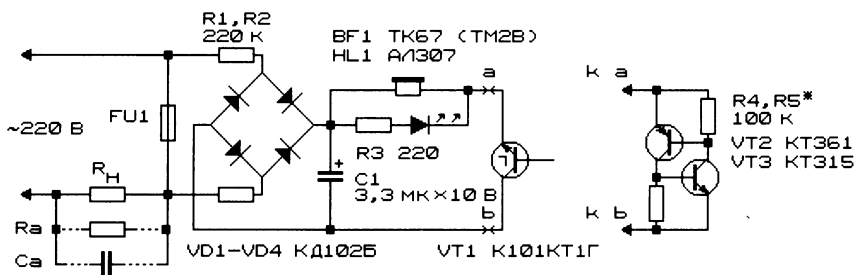


Рис. 8.12. Схема индикатора обрыва питания в цепи переменного или постоянного тока

Индикатор можно применять в цепях постоянного и переменного (до 1 кГц) тока напряжением от 10 до 1000 В. Максимальный ток, протекающий через индикатор и короткозамкнутую нагрузку при срабатывании элемента защиты, ограничен резисторами R1 и R2 — при напряжении 220 В ток не превышает 0,5 мА. При работе на пониженном напряжении (менее 100 В) сопротивление резисторов R1 и R2 можно уменьшить.

Индикатор содержит генератор импульсов, состоящий из элемента с отрицательным динамическим сопротивлением (лавинный транзистор K101КТ1Г либо его аналог K162КТ2 структуры *p-n-p*, включенный инверсно) и цепочки последовательно включенных резисторов R1, R2 и сопротивления нагрузки Rн, а также времязадающего конденсатора C1. Для индикации работы генератора использован светодиод HL1 и телефонный капсюль BF1. Лавинный транзистор можно заменить его аналогом на транзисторах VT2, VT3. Он подключается вместо VT1 (рис. 8.12) к точкам А и В. Громкость звука и яркость вспышек, а также их частоту можно отрегулировать подбором емкости конденсатора C1.

Чтобы предлагаемое устройство срабатывало при обрыве нагрузки, параллельно ей нужно включить резистор Rа сопротивлением около 1 МОм или конденсатор Cа емкостью 300...1000 пФ.

9. Индикаторы аварийного отключения источника питания

Неплановое или несанкционированное отключение источника электрической энергии может повлечь для сложнотехнических систем, радиоэлектронного бытового и производственного оборудования катастрофические последствия. Ущерб от создавшейся аварийной ситуации можно снизить за счет использования средств оперативного контроля и оповещения обслуживающего персонала о сложившейся аварийной ситуации.

Для оповещения персонала об аварийном отключении источника питания используют визуальные, звуковые и аудиовизуальные индикаторы. В состав этих устройств, как правило, входят источник автономного питания, устройство контроля наличия сетевого напряжения, релейная схема включения звуковой и/или световой индикации. В ряде схем подобного назначения для защиты собственного источника питания от разряда предусмотрено устройство автовыключения сигнализации через определенный интервал времени.

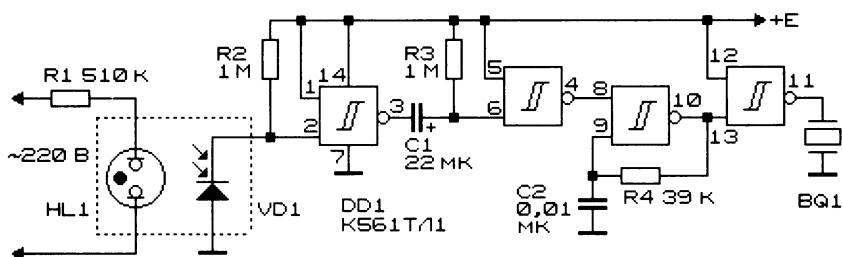


Рис. 9.1. Схема сигнализатора отключения питания

Для индикации отключения источника электроэнергии в схеме на рис. 9.1 использован аналог оптрона на основе неоновой лампы HL1 и фотодиода VD1 (или фотосопротивления) [9.1]. В ждущем режиме устройство потребляет от батареи питания напряжением 9 В минимальный ток. Пока светится неоновая лампа HL1, сопротивление фотодиода VD1 мало, напряжение на входе 2

9. Индикаторы аварийного отключения питания

КМОП-триггера первого элемента микросхемы DD1 минимально, а на выходе 3 — максимально (около 9 В).

При отключении сетевого напряжения неоновая лампа гаснет, сопротивление фотодиода резко возрастает, *КМОП*-триггер первого элемента микросхемы DD1 переключается, конденсатор C1 соединяется с земляной шиной, происходит его заряд через резистор R3. Через некоторое время задержки (время заряда конденсатора C1), пропорциональное произведению C1R3 (т.е. около 20...30 сек), напряжение на выводе 4 микросхемы DD1 возрастает от нуля до 9 В. В результате включается звуковой индикатор, и пьезокерамический излучатель издает звук, сигнализирующий об аварии.

Частота звукового сигнала определяется индивидуальными свойствами пьезокерамического излучателя и параметрами элементов R4 и C2, поэтому может потребоваться их подбор (R4=39...1000 кОм) до получения требуемой частоты звучания или настройки излучателя BQ1 в резонанс.

После включения сетевого напряжения схема возвращается в исходное состояние, сигнализация прекращается, ток, потребляемый устройством вновь становится минимальным — десятки мкА.

Индикатор отключения сетевого напряжения (рис. 9.2) содержит простейший выпрямитель сетевого напряжения, к выходу которого подсоединен ключевой элемент на транзисторах VT1 и VT2 [9.2]. При наличии сетевого напряжения ключ закрыт, но при пропадании сетевого напряжения ключ открывается и включает звуковой генератор, состоящий из трехчастотного генератора импульсов, выполненного на трех *КМОП*-микросхемах. В генераторе импульсы суммируются и поступают на двухкаскадный усилитель на транзисторах VT3 и VT4 и в итоге в громкоговорителе раздастся звук сирены.

Недостатком устройства является то, что в нем не предусмотрена функция самоотключения, в результате чего может разрядиться элемент питания. Для принудительного отключения звукового сигнала предусмотрен ключ SA1. Для повышения надежности работы устройства в цепь базы транзистора VT3 желательно включить резистор сопротивлением 22...51 кОм, а между

9. Индикаторы аварийного отключения питания

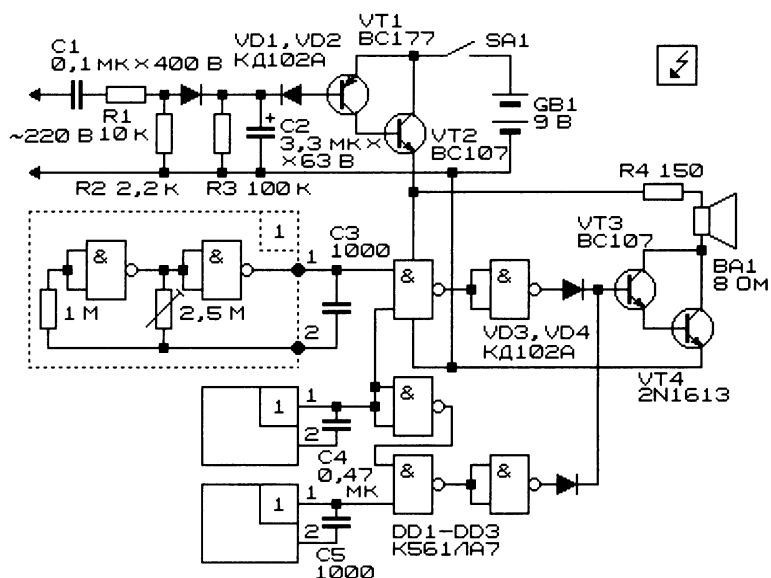


Рис. 9.2. Схема индикатора отключения сетевого напряжения

базой этого транзистора и эмиттером транзистора VT4 включить резистор сопротивлением 100...300 кОм.

Цепь C2, R3 сглаживает пульсации сетевого напряжения. При увеличении постоянной времени этой цепи может быть реализована функция задержки сигнализации об отключении сетевого питания, что может быть актуально при использовании устройства в качестве индикатора открытой двери холодильника.

Схема сигнализатора отключения электросети [9.3] показана на рис. 9.3.

Напряжение осветительной сети 220 В через токоограничительные резисторы R1 и R2 поступает на выпрямитель VD1 и VD2 с параметрическим стабилизатором на стабилитроне VD3. Светящийся в дежурном режиме светодиод HL1 сигнализирует о наличии напряжения в сети и нормальной работе устройства. От бросков сетевого напряжения светодиод защищает резистор R3. В дежурном режиме постоянное напряжение 10,5...11,5 В через диод VD4 и резистор R4 поступает на базу транзистора VT1. Он находится в открытом состоянии, и на входе 1 микросхемы DD1.1 напряжение равно логическому нулю. Генератор на элементах

9. Индикаторы аварийного отключения питания

DD1.1 и DD1.2 заблокирован, не работает и звуковой генератор на элементах DD1.3 и DD1.4. Устройство находится в ждущем режиме.

При отключении сетевого напряжения конденсатор С1 начинает разряжаться. Как только напряжение на нем упадет до 2 В и ниже, транзистор VT1 закроется, и на входе 1 микросхемы DD1.1 появится напряжение единичного уровня. Оба генератора запустятся, и из динамической головки ВА1 будет раздаваться прерывистый тональный сигнал частотой 1...2 кГц. В режиме тревожной сигнализации устройство питается от батареи гальванических элементов или аккумуляторов GB1 напряжением 4,5...9 В. В дежурном режиме эта батарея подзаряжается от сети через диод VD5 и токоограничивающий резистор R6. Диод VD4 обеспечивает закрывание транзистора VT1.

Несколько схем аудиовизуальной индикации отключения источника электрической энергии, не имеющих собственного источника питания, были рассмотрены ранее в нашей предыдущей книге [9.4].

10. Схемы резервирования источников питания

Для резервирования питания ответственных энергопотребителей используют параллельное соединение нескольких источников питания, исключая при этом взаимное влияние одного источника на другой.

При повреждении или отключении одного из нескольких питающих устройств нагрузка автоматически и без разрыва цепи питания подключится к источнику питания, напряжение которого выше остальных. Обычно в цепях постоянного тока для разделения питающих цепей используют полупроводниковые диоды. Эти диоды препятствуют влиянию одного источника питания на другой. В то же время на этих диодах нерационально расходуется некоторая доля энергии источника питания. В этой связи в схемах резервирования стоит использовать диоды с минимальным падением напряжения на переходе. Обычно это германиевые диоды.

В первую очередь питание на нагрузку подают с основного источника, имеющего обычно (для реализации функции самопереключения на резервное питание) более высокое напряжение. В качестве такого источника чаще всего используют сетевое напряжение (через блок питания). В качестве источника резервного питания обычно используют батарею или аккумулятор, имеющие напряжение заведомо меньшее, чем у основного источника питания.

Самые простые и очевидные схемы резервирования источников постоянного тока показаны на рис. 10.1 и 10.2. Подобным образом можно подключить неограниченное количество источников питания к ответственному радиоэлектронному оборудованию.

Схема резервирования источников питания (рис. 10.2) отличается тем, что роль диодов, разделяющих источники питания, выполняют светодиоды. Свечение светодиода индицирует задействованный источник питания (обычно имеющий более высокое напряжение). Недостатком подобного схемного решения является то, что максимальный ток, потребляемый нагрузкой, невелик и не

10. Схемы резервирования источников питания

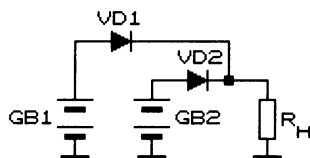


Рис. 10.1. Основная схема резервирования источников питания

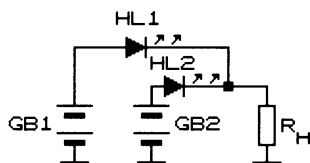


Рис. 10.2. Схема резервирования источников питания с использованием светодиодов

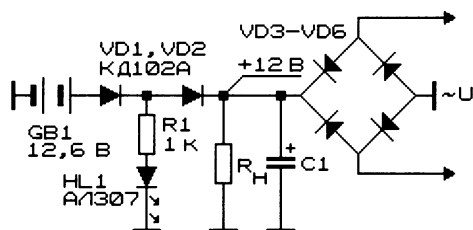


Рис. 10.3. Схема резервирования источника питания охранного устройства

превышает максимально допустимого прямого тока через светодиод. Кроме того, на светодиоде падает около двух вольт, необходимых для его работы. Световая индикация неустойчива при несущественной разности напряжений питания.

Схема авторезервирования источника питания для ответственного оборудования — охранного устройства [10.1, 10.2] — приведена на рис. 10.3. На схеме условно показан основной — сетевой источник питания. На его выходе — нагрузке R_H и конденсаторе C2 — формируется стабильное напряжение 12 В или более. Батарея резервного питания GB1 подключена к сопротивлению нагрузки через цепочку диодов VD1 и VD2. Поскольку разность напряжения на этих диодах минимальна, ток через диоды в нагрузку не протекает. Однако, стоит отключиться основному

10. Схемы резервирования источников питания

источнику питающего напряжения, как диоды откроются. Таким образом питание подается на нагрузку без перебоев.

Светодиод HL1 индицирует исправное состояние резервного источника питания, а диод VD2 не допускает питание светодиода от источника основного питания.

Схему можно изменить таким образом, чтобы два светодиода независимо друг от друга индицировали рабочее состояние обоих источников питания. Для этого достаточно схему (рис. 10.3) дополнить элементами индикации.

Устройство для автоматического включения резервной батареи питания описано в патенте ГДР № 271600 [10.3], а его схема показана на рис. 10.4.

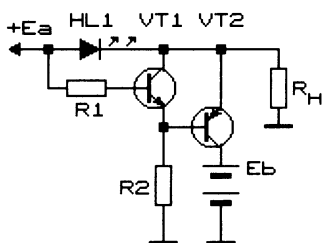


Рис. 10.4. Схема устройства для автоматического включения резервной батареи питания

В исходном (штатном) режиме ток от источника основного питания E_a через светодиод-индикатор тока нагрузки поступает в нагрузку. Транзистор VT1 открыт, транзистор VT2 закрыт, резервная батарея питания E_b отключена. Как только произойдет отключение основного источника питания, светодиод HL1 погаснет, закроется транзистор VT1 и, соответственно, откроется транзистор VT2. Батарея E_b подключится к нагрузке.

Недостатком устройства является то, что максимальный ток через нагрузку не может превышать максимально допустимого тока через светодиод. Кроме того, на самом светодиоде теряется до 2 В. Если пожертвовать функцией индикации и заменить светодиод на германиевый диод, рассчитанный на повышенный ток, это ограничение снимется.

Для нормальной работы телефонных автоматических определителей номера (АОН) необходимым условием является

10. Схемы резервирования источников питания

использование резервного источника питания. Схема одного из них [10.4] показана на рис. 10.5.

Когда источник питания включают в сеть, срабатывает реле K1, которое одновременно является датчиком разряда аккумулятора GB1. Через резистор R2 протекает зарядный ток 5...10 мА. При отключении сетевого напряжения устройство получает питание от аккумулятора GB1, однако, если напряжение на аккумуляторе упадет ниже 6,5 В, реле отключится. Контакты реле разомкнут цепь питания и защитят таким образом аккумулятор от дальнейшего разряда.

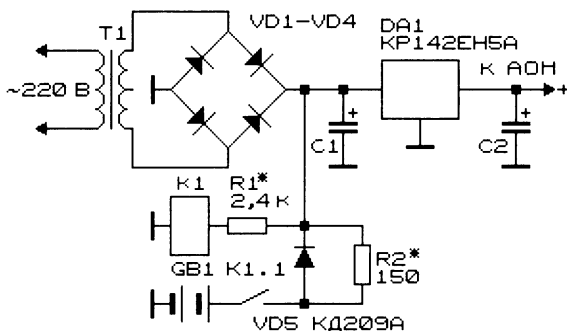


Рис. 10.5. Схема автоматического включения резервного источника питания для АОНа

Аккумуляторная батарея состоит из шести элементов Д-0,55. Ее ресурс хватает для автономной работы телефона в течение часа.

В схеме использовано реле РЭС-64А РС4.569.724.

Налаживают устройство подбором резистора R1, которым устанавливают напряжение отпускания реле K1. Подбором R2 устанавливают величину зарядного тока. Для исключения перезаряда аккумулятора рекомендуется снизить величину зарядного тока до 0,2 мА.

Автоматический перевод питания нагрузки, например, радиоприемника, на резервное батарейное питание при отключении сетевого источника питания позволяет осуществить устройство по схеме на рис. 10.6 [10.5]. Режим работы устройства индицируется свечением светодиода: зеленый цвет — работа в штатном режиме; красный — в аварийном (на батареях).

10. Схемы резервирования источников питания

Особенностью индикатора является то, что при работе от батареи ее разряд через подключенный основной блок питания исключен за счет использования диода в цепи затвора полевого транзистора.

Для того чтобы при работе устройства от блока питания не происходила подпитка нагрузки от батареи, выходное напряжение блока питания должно на 0,7...0,8 В превышать напряжение батареи.

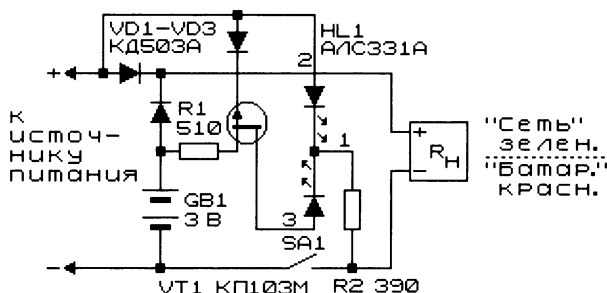


Рис. 10.6. Схема автоматического переключения нагрузки на резервное питание с индикацией

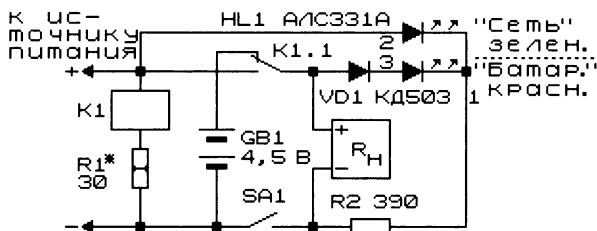


Рис. 10.7. Схема автоматического коммутатора питания

Дальнейшим развитием предыдущего устройства является автоматический коммутатор питания (рис. 10.7) [10.6]. Устройство предназначено для установки в любые носимые и переносные устройства (приемники, плееры, магнитофоны), имеющие внутренние источники питания. Автоматический коммутатор питания позволяет автоматически переходить от внутреннего к внешнему питанию и обратно.

В исходном состоянии, когда внешний источник питания отключен, реле К1 обесточено, и через его нормально замкнутые

10. Схемы резервирования источников питания

контакты напряжение подается с батареи GB1 на нагрузку R_H и через диод VD1 на нижний по схеме (красный) диод HL1. При подключении внешнего источника питания реле K1 срабатывает, его контакты K1.1 устанавливаются в нижнее по схеме положение, и питание на нагрузку подается от внешнего источника. Так как на анод верхнего по схеме диода HL1 (зеленого цвета) подается напряжение на 2 В больше, чем на анод нижнего диода HL1 (красного цвета), двухцветный двуханодный светодиод HL1 светится зеленым цветом, указывая на режим работы от сети. При пропадании сетевого напряжения обмотка реле K1 обесточивается, и нагрузка автоматически переключается на работу от батареи GB1. Об этом сигнализирует индикатор HL1, меняя цвет свечения с зеленого на красный. Диод VD1 следует взять типа КД503, КД521 или КД510. Падение напряжения на нем в прямом включении должно быть не менее 0,7 В. Тогда при свечении зеленого светодиода не будет подсвечиваться красный.

Резистором R2 устанавливают ток через HL1, равный 20 мА. Реле K1 типа РЭС-15 (паспорт РС4.591.005) или другое с рабочим напряжением не более 5 В. Обычно срабатывание реле происходит при напряжении, на 30...40% меньшем его рабочего напряжения.

При настройке устройства резистор R1 подбирают такой величины, чтобы реле K1 надежно срабатывало при напряжении 4 В. При использовании реле K1 других типов с напряжением срабатывания, близким к 4,5 В, резистор R1 можно исключить.

При сетевом питании электронно-механических часов наблюдается неприятный эффект: при отключении сетевого напряжения происходит остановка хода часов.

Более надежными и удобными в эксплуатации являются комбинированные блоки питания — сетевые блоки питания в сочетании с никель-кадмиевыми аккумуляторами Д-0,1 или Д-0,125 (рис. 10.8) [10.7].

Здесь конденсаторы C1 и C2 выполняют функцию балластных реактивных элементов, гасящих избыточное напряжение сети. Резистор R2 служит для разрядки конденсаторов C1 и C2 при отключении устройства от сети.

Если контакты выключателя SA1 замкнуты, то при отрицательной полуволне сетевого напряжения на верхнем (по схеме)

10. Схемы резервирования источников питания

проводе диод VD2 откроется, и через него будут заряжаться конденсаторы C1 и C2. При положительных же полуволнах конденсаторы станут перезаряжаться, ток потечет, в первую очередь, через открытый диод VD3 и начнет подзаряжаться аккумулятор GB1 и конденсатор C3. Напряжение на полностью заряженном аккумуляторе будет не менее 1,35 В, на светодиоде HL1 — около 2 В. Поэтому светодиод начнет открываться и тем самым ограничивать зарядный ток аккумулятора. Следовательно, аккумулятор постоянно будет в заряженном состоянии.

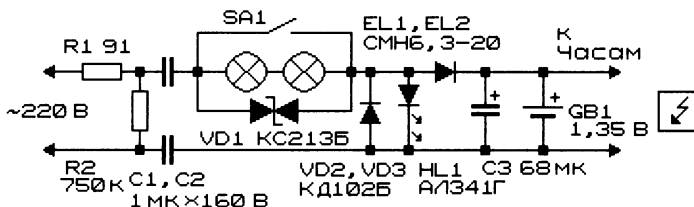


Рис. 10.8. Комбинированный блок питания электронно-механических часов

При наличии напряжения в сети часы питаются от нее во время положительных полупериодов, а во время отрицательных полупериодов — энергией, запасенной аккумулятором GB1 и конденсатором C3. При пропадании сетевого напряжения источником питания становится аккумулятор.

Освещение циферблата включают размыканием контактов выключателя SA1. В этом случае ток зарядки и разрядки конденсаторов C1 и C2 протекает через нити накала ламп EL1 и EL2, и они начинают светиться. А ранее замкнутый двуханодный стабилитрон VD1 теперь выполняет две функции: ограничивает напряжение на лампах до значения, при котором они светятся с небольшим недокалом, а в случае перегорания нити накала одной из ламп пропускает через себя зарядно-разрядный ток конденсаторов, что предотвращает нарушение работы блока питания в целом.

Двуханодный стабилитрон VD1 типа KC213B можно заменить на два включенных встречно-последовательно стабилитрона Д814Д, KC213Ж, KC512А. Светодиод HL1 — AL341 с прямым падением напряжения при токе 10 мА — 1,9...2,1 В. Лампы накаливания EL1 и EL2 типа CMH6,3-20 (на напряжение 6,3 В и ток

10. Схемы резервирования источников питания

накала 20 мА) или аналогичные. Корпус выключателя SA1 должен быть надежно изолирован от сети.

В блоке питания для электронных часов (рис. 10.9) гашение избыточного сетевого напряжения осуществляется резисторами R1 и R2 [10.8]. Это не самое экономичное решение проблемы, но при малых токах потребления вполне оправдано. Кроме того, при случайном касании выхода выпрямителя максимальный ток через тело человека не достигнет опасных значений (не более 4 мА), поскольку величина ограничивающих ток резисторов достаточно велика.

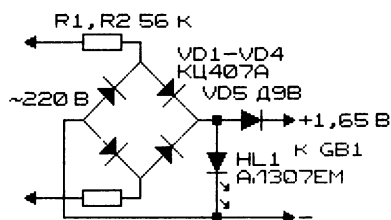


Рис. 10.9. Схема резервированного питания электронных часов

С выхода стабилизатора (аналога стабилитрона и, одновременно, индикатора включения — светодиода HL1) напряжение питания через германиевый диод VD5 подается на электронные часы. В случае отключения сетевого напряжения часы получают питание от батареи GB1, при наличии сетевого напряжения ток выпрямителя подзаряжает элемент питания. В схеме не использован конденсатор фильтра. Роль конденсатора фильтра большой емкости выполняет сам элемент питания.

Электронно-механические часы обычно питают от одного гальванического элемента напряжением 1,5 В. Предлагаемый источник бесперебойного питания (рис. 10.10) для кварцевых электронно-механических часов вырабатывает напряжение 1,4 В при среднем токе нагрузки 1 мА [10.9]. Напряжение, снимаемое с емкостного делителя C1 и C2, выпрямляет узел на элементах VD1, VD2, C3. Без нагрузки напряжение на конденсаторе C3 не превышает 12 В.

Рассмотренные ранее устройства автоматического перехода на резервное питания в случае отключения основного источника использовали в качестве базового (основного) источник

10. Схемы резервирования источников питания

постоянного тока. Менее известны схемы резервирования устройств, работающие на переменном токе. Схема одного из них, способного работать в цепях как постоянного, так и переменного тока приведена ниже [10.10].

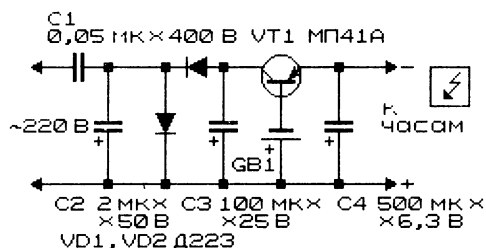


Рис. 10.10. Схема низковольтного источника бесперебойного питания

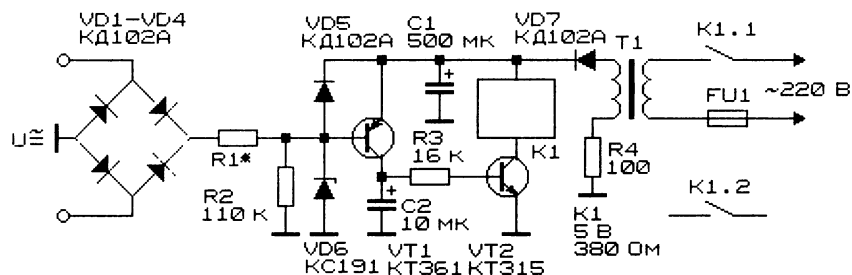


Рис. 10.11. Схема включения источника резервного питания с гальванической развязкой

Схема включения источника резервного питания с гальванической развязкой (ИРП) питается от источника управляющего сигнала (рис. 10.11), потребляя при этом минимальный ток (доли мА). Управляющий сигнал поступает на резистивный делитель $R1$, $R2$. Стабилитрон $VD6$ и диоды $VD1 — VD5$ защищают вход устройства от перенапряжения и неправильного подключения полярности. ИРП отключен контактами реле $K1.1$. Напряжение, снимаемое с резистора $R2$ и стабилитрона $VD6$, поступает через диод $VD5$ на электролитический конденсатор $C1$ большой емкости. Этот конденсатор при первом включении устройства заряжается до 9...10 В за 2...3 минуты, после чего схема готова к работе. Скорость заряда и потребляемый устройством ток определяются резистором $R1^*$. Транзистор $VT1$ закрыт падением напряжения на

10. Схемы резервирования источников питания

диод VD5. Через диод VD7 и резистор R4 устройство подключено к ИРП.

При отключении управляющего напряжения переход эмиттер — база входного транзистора устройства более не шунтируется. Транзисторы VT1 и VT2 открываются. Конденсатор C1 разряжается через реле K1 и транзистор VT2. Контакты K1.1 реле замыкаются, включая ИРП. Питание на схему поступает от ИРП. Одновременно контакты реле K1.2 могут управлять другой нагрузкой. Если на входе устройства вновь появляется управляющее напряжение, транзистор VT1 запирается. Соответственно, запирается и транзистор VT2. Реле K1 обесточивается, отключая своими контактами K1.1 ИРП. Напряжение на конденсаторе C1 сохраняется на уровне 9...10 В, и схема переходит в ждущий режим работы.

11. Резервирование элементов устройств

В технике электропитания зачастую является актуальным выполнение тех или иных функций даже в случае возникновения аварийных ситуаций. К задачам такого рода относятся, например, поддержание освещенности в помещениях пультов управления сложным техническим оборудованием, сохранение постоянным тока нагрузки цепей питания ряда источников питания и т.д.

Ниже рассмотрены основные варианты решения задачи дублирования элементов. В качестве нагрузки в этих схемах использована, преимущественно, лампа накаливания, хотя вместо нее могут быть использованы активные нагрузки иного рода: тепловыделяющие элементы, резистивные элементы нагрузки, системы сигнализации, генераторы и усилители.

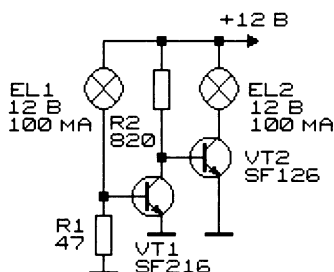


Рис. 11.1. Схема дублирования на примере ламп накаливания

Одна из наиболее простых схем, позволяющих дублировать основной источник светового излучения в случае перегорания его нити накала, показана на рис. 11.1 [11.1]. При включении устройства горит лампа EL1. Транзистор VT1 открыт, VT2 — закрыт. При обрыве в цепи смещения транзистора VT1 (перегорании лампы EL1, нарушении контакта в панельке) транзистор VT1 закрывается, соответственно открывается транзистор VT2 и включается лампа EL2.

Схема резервирования нагрузки при ее сетевом питании переменным током показана на рис. 11.2 [11.2].

11. Резервирование элементов устройств

Падение напряжения на датчике тока — сопротивлении R1 — составляет 0,5...1,7 В с лампой накаливания мощностью 60...200 Вт. Резистор R2 предназначен для защиты транзистора VT1 в случае короткого замыкания в лампе EL1.

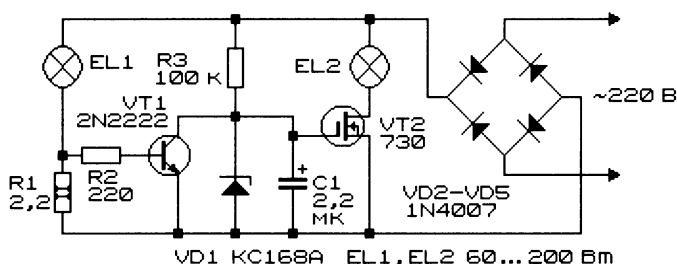


Рис. 11.2. Схема для автоматического включения резервной нагрузки на переменном токе

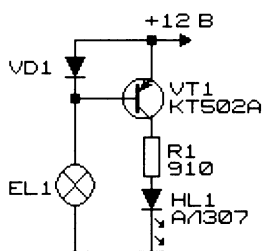


Рис. 11.3. Схема светодиодного контроля исправности нагрузки

Для контроля исправности лампы EL1 или иной резистивной нагрузки может быть использована схема, показанная на рис. 11.3 [11.3]. Нагрузка — лампа EL1 — питается постоянным током через диод — датчик тока VD1. Пока через нагрузку протекает ток, на датчике тока — диоде VD1 падает часть напряжения питания — около 0,7 В. Это напряжение поддерживает в открытом состоянии транзистор VT1, в коллекторную цепь которого включен светодиод HL1 и токоограничивающий резистор R1.

При обрыве в цепи нагрузки или отключении питания ток через осветительную лампу прервется, одновременно погаснет и светодиод HL1, сигнализируя о неисправности или аварии. Для повышения надежности работы устройства желательно ввести в цепь базы транзистора дополнительный резистор, который

11. Резервирование элементов устройств

защитит транзистор от перегрузки по току в случае короткого замыкания нагрузки.

Недостатком устройства (рис. 11.3) является то, что светодиод «дублирует» работу лампы: светится одновременно с ней, хотя более логичным было бы его зажигание при обрыве в цепи нагрузки при перегорании лампы или отсутствии контакта в цепи ее питания. Диод VD1 должен быть рассчитан на прямой ток, по меньшей мере на 50% превышающий величину номинального рабочего тока через лампу EL1.

На рис. 11.4 показан усовершенствованный вариант предшествующего устройства [11.3]. Лампа EL2 одновременно является индикатором неисправности и дублирует утраченную в результате аварии основную функцию осветительного прибора — является дублирующим источником света. Принцип действия такой же, что и у прототипа, однако в схему введен дополнительный транзистор VT2, назначение которого — инвертировать сигнал, снимаемый с резистора R1. Таким образом, пока исправна лампа EL1, лампа EL2 не светится. При обрыве (перегорании) основной лампы EL1 загорается дублирующая EL2.

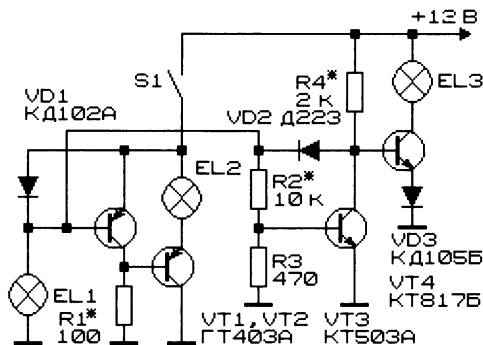


Рис. 11.4. Схема переключателя нагрузки, дублирующей функции основной

Слаботочная лампа накаливания EL3 индицирует наличие короткого замыкания в цепи лампы EL1.

Для индикации работы ламп накаливания могут быть использованы светодиоды, подключенные через токоограничивающие резисторы параллельно лампам накаливания (рис. 11.5).

11. Резервирование элементов устройств

Сами лампы включены в коллекторные цепи мощных транзисторов симметричного триггера. В силу неравенства свойств элементов, входящих в состав «симметричного» триггера, триггер устанавливается в одно из двух возможных устойчивых состояний, светится одна из ламп накаливания, например, EL_l , горит светодиод HL_l , соответствующий этой лампе.

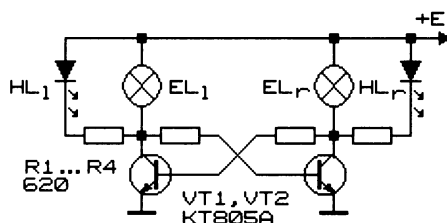


Рис. 11.5. Триггерная схема включения ламп накаливания

Стоит этой лампе перегореть, коллекторный ток транзистора VT_1 уменьшится, схема переключится, будет светиться вторая лампа EL_r и соответствующий ей светодиод HL_r .

Для устойчивой и надежной работы целого ряда устройств зачастую требуется не только решить столь частную и простую задачу, как авторезервирование осветительных элементов, но и обеспечить, например, постоянство сопротивления нагрузки при возможном отказе (выходе из строя, отключении) нескольких из параллельно подключенных к источнику питания потребителей. Решить такую задачу достаточно просто при использовании управляемых мощных сопротивлений нагрузки. Кроме того, подобные устройства могут пригодиться для настройки и испытания источников питания радиоэлектронных схем.

Управляемые вручную мощные сопротивления-двухполюсники (реостаты) достаточно дефицитны и не очень удобны в управлении. В качестве таких изделий — мощных управляемых сопротивлений нагрузки — можно использовать их электронные аналоги [11.4], схема одного из которых представлена на рис. 11.6, см. также гл. 5 (рис. 5.12, 5.13). Роль управляемого сопротивления выполняет транзистор VT_1 . Нагрузочное устройство включается/отключается при помощи слаботочного переключателя SA_1 . Дiode VD_1 обеспечивает правильную полярность подключения транзистора. Предохранитель ограничивает предельный

11. Резервирование элементов устройств

ток через устройство. Для питания эквивалента нагрузки от переменного тока необходимо добавить мостовой выпрямитель, в диагональ которого включают электронный аналог мощного сопротивления. Транзистор VT1 следует устанавливать на теплоотводящей пластине.

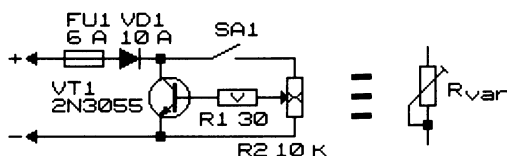


Рис. 11.6. Схема электронного аналога мощного сопротивления нагрузки

Предельная мощность, рассеиваемая такой нагрузкой, определяется типом транзистора и площадью теплоотвода. Для указанного в первоисточнике типа транзистора максимальная длительно рассеиваемая мощность составляет 50 Вт.

Чтобы обеспечить управление величиной электрического сопротивления электронного аналога (рис. 11.6), достаточно подать внешнее управляющее напряжение соответствующей полярности и величины на базу транзистора VT1 через токоограничивающий резистор R1.

Аналог мощного реостата (рис. 11.7) позволяет установить ток нагрузки от десятков мА до нескольких ампер [11.5]. С его помощью можно исследовать параметры выпрямителей, стабилизаторов, преобразователей напряжения, аккумуляторов и батарей под нагрузкой.

Эквивалент нагрузки в соответствии с полярностью питающего напряжения подключают к выходу источника постоянного тока. Через составной транзистор VT2 и VT3 может протекать ток до 4 А. Переключателем SA2 можно отключить мощный выходной транзистор VT3 и ограничить величину тока через эквивалент нагрузки до 0,7 А. Диапазон регулируемых эквивалентных сопротивлений составляет 1,5...4 Ом и 4...24 Ом, соответственно.

Если переключатель SA1 перевести из положения «Резистор» в положение «Стабилизатор тока», вольтамперная характеристика эквивалента нагрузки будет напоминать выходную характеристику полевого транзистора: при напряжении источника

11. Резервирование элементов устройств

питания менее 2 В устройство ведет себя как резистор небольшого сопротивления (порядка 1 Ом). При напряжении выше 2 В наступает насыщение транзистора, и потребляемый устройством ток почти перестает зависеть от входного напряжения. Величину этого тока можно регулировать потенциометром R1 в пределах 0,1...4 А (0,1...0,7 и 0,7...4 А) при входном напряжении 2...30 В.

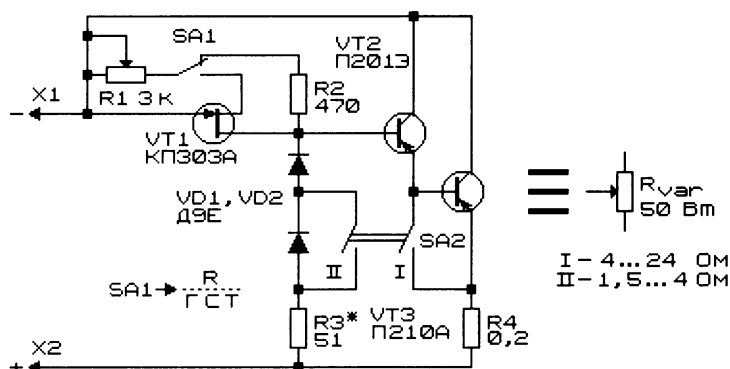


Рис. 11.7. Схема электронного мощного реостата — стабилизатора тока

Транзисторы VT2 и VT3 устанавливаются на общем ребристом теплоотводе площадью 450 см². К их корпусам планкой из цветного металла плотно прижаты термостабилизирующие диоды VD1 и VD2, соответственно.

Устройство можно использовать для зарядки аккумуляторов емкостью до 40 А·ч стабильным током.

Аналог реостата нельзя использовать в цепях переменного тока. Впрочем, это препятствие легко преодолимо, если использовать диодный мост, в диагональ которого в соответствии с полярностью следует подключить эквивалент нагрузки. В этом случае рабочая область частот определяется характеристиками используемых элементов (обычно на выше 1 кГц).

12. Стабилизация параметров и защита цепей нагрузки

Аварийные ситуации при работе радиоэлектронного, да и любого другого оборудования, чаще всего возникают при переходных процессах, когда происходят резкие изменения состояния системы. По статистике наиболее часто повреждение оборудования происходит при его включении или выключении. На дестабилизирующее воздействие любая система реагирует с задержкой во времени. Эта инерционность для нагреваемых электрическим током приборов обусловлена массой и теплоемкостью нагреваемого материала. Так, например, разрушение (перегорание) нитей накала электровакуумных приборов происходит преимущественно в момент подачи напряжения на холодную нить. Мощность, выделяющаяся на нити накала в момент ее включения, превышает номинальную в 10 раз для ламп прямого накала и в 2...3 раза для ламп косвенного накала. Помимо возможного перегорания нити накала, мгновенное выделение значительной тепловой энергии в малом объеме способствует возникновению термонапряжений в конструкционных элементах лампы, растрескиванию стекла возле тоководов и т.д. [12.1].

В связи с вышеизложенным, для обеспечения надежной работы аппаратуры и составляющих ее элементов весьма важным представляется вопрос о смягчении ударных нагрузок на критичные к перегрузкам радиоэлектронные компоненты.

Подобные задачи решают чаще всего плавной или ступенчатой подачей питающих напряжений (токов) на защищаемый от перегрузок элемент, обеспечивая тем самым постепенный вывод его на рабочий режим.

Схема плавного включения накала, показанная на рис. 12.1, используется для кинескопов с $U_n=6,3 В$ и током накала $I_n=0,3 А$, т.е. для большинства черно-белых кинескопов [12.2].

Через управляющий вывод микросхемы DA1 на общую шину протекает ток в несколько мА, который обеспечивает постоянное

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

смещение на резисторе R1. В результате «смещается» на соответствующий уровень и выходное напряжение.

При подключенном электролитическом конденсаторе C3, который изначально разряжен, цепочка R1C3 представляет в момент включения короткое замыкание. Напряжение на выходе микросхемы DA1 минимально (порядка 1,3 В). Затем, по мере заряда конденсатора C3, напряжение на резисторе R1 плавно нарастает, соответственно, увеличивается и напряжение смещения на управляющем входе микросхемы и, следовательно, выходное напряжение устройства (напряжение на нити накала кинескопа).

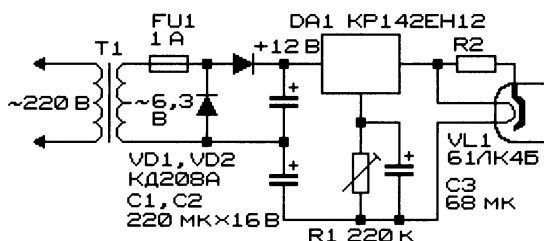


Рис. 12.1. Схема устройства для плавного включения накала кинескопа

Подстроечным резистором R1 выставляют необходимое напряжение накала (7 В), желательно при отключенном конденсаторе C3.

Время нарастания напряжения на выходе устройства определяется емкостью конденсатора C3. Реально напряжение возрастает более 30 сек (со временем скорость этого процесса замедляется из-за утечки тока через резистор R1).

Микросхема DA1 крепится к радиатору площадью ~20 см².

Стабилизировать тепловой режим катода кинескопа, оптимизировать его на разных этапах эксплуатации, устранить броски тока в нити накала при включении телевизора позволяет устройство по схеме на рис. 12.2 [12.3].

В состав устройства входит регулируемый стабилизатор с плавным нарастанием напряжения, поступающего на подогреватель катода кинескопа, и задержкой подачи высокого напряжения на анод на время, необходимое для полного разогрева катода (около 2 мин).

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

Стабилизатор собран на микросхеме DA1. При включении телевизора выпрямленное диодами VD1 — VD4 напряжение поступает на выводы 15 и 8 микросхемы. С выводов 13 и 8 микросхемы через резистор R1 и обмотку реле K1 стабилизированное напряжение поступает на подогреватель кинескопа. Резистор R1 играет роль датчика тока.

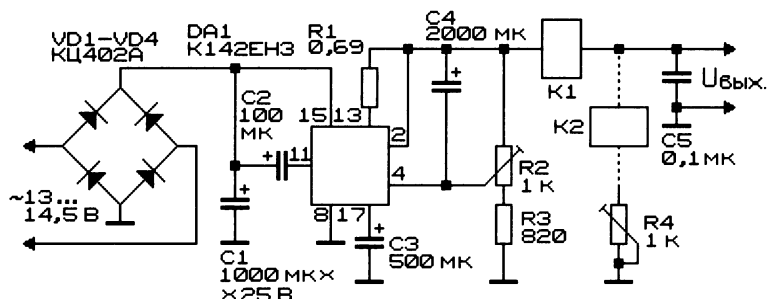


Рис. 12.2. Схема устройства стабилизации режима катода кинескопа

Плавное двухминутное нарастание выходного напряжения устройства в момент включения обеспечивается установкой в цепи коррекции и обратной связи микросхемы конденсаторов C3 и C4.

Обмотка токового реле K1 рассчитывается так, что по достижении номинального тока подогревателя замыкаются контакты, которые включены в цепь питания узла синхронизации телевизора.

Вместо реле K1 можно включить реле напряжения K2, показанное пунктирной линией, например РЭС-9 (паспорт РС4.524.202), с напряжением срабатывания 5,5 В. Последовательно с обмоткой этого реле и подстроечным резистором R4 для более точной установки порога срабатывания можно включить дополнительный подстроечный резистор сопротивлением 10 Ом.

Для питания устройства наматывают на сетевом трансформаторе телевизора поверх имеющихся обмоток дополнительную обмотку в 19...21 витков проводом ПЭВ-1 диаметром 0,74...0,8 мм. Величина переменного напряжения на обмотке 13...14,5 В.

Для плавного регулирования тока через лампу накаливания предназначено устройство (рис. 12.3), которое содержит генератор импульсов и ждущий мультивибратор на микросхемах DA1 и

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

DA2 [12.4]. Частота генерации задающего генератора — 40 кГц. На затвор полевого транзистора VT1 подается сигнал с широтно-импульсной модуляцией. Это позволяет плавно регулировать выходную мощность от 0 до 100% при КПД, близком к 100%. Столь высокая эффективность обусловлена малым сопротивлением истока — сток полевого транзистора.

При разомкнутом переключателе полевой транзистор закрыт, лампа обесточена.

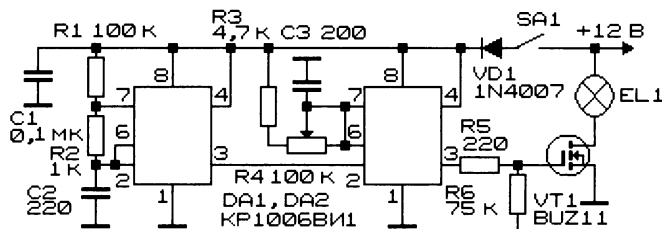


Рис. 12.3. Схема устройства для плавного регулирования тока через лампу накаливания

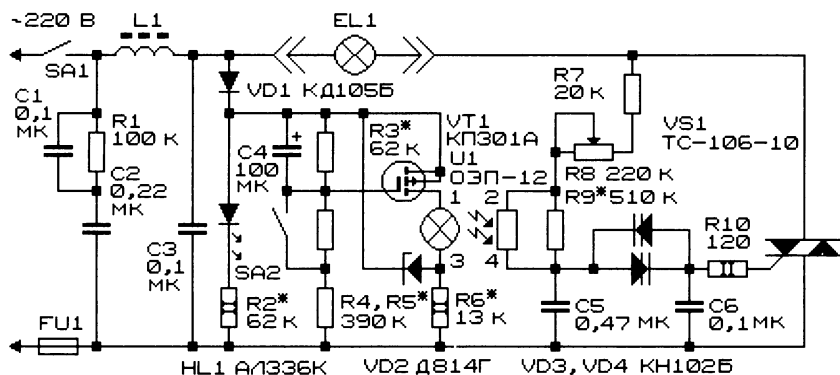


Рис. 12.4. Схема устройства замедленного включения лампы накаливания

Схема устройства, обеспечивающего «замедленный» режим включения ламп накаливания показана на рис. 12.4 [12.5].

Сетевое напряжение на устройство подается через выключатель SA1, плавкий предохранитель и помехоподавляющий фильтр (R1, C1 — C3 и L1). Силовая часть схемы состоит из

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

симистора VS1, диносторов VD3, VD4, резисторов R7 — R10, конденсаторов C5 и C6. В узел управления входят транзистор VT1, диод VD1, стабилитрон VD2, оптрон U1, резисторы R3 — R6, конденсатор C4. Светодиод HL1 предназначен для индикации работы.

Устройство обеспечивает плавное зажигание лампы. Допускается также ручная регулировка яркости и скорости плавного погасания лампы. Плавное ее погасание происходит при размыкании контактов выключателя SA2.

При замыкании контактов выключателя SA1 выпрямленное диодом VD1 напряжение поступает на зарядную цепочку, состоящую из резисторов R3, R4, R5 и конденсатора C4. Контакты выключателя SA2 в это время должны быть разомкнуты. В первый момент полевой транзистор VT1 закрыт, лампа EL1 не горит. Для защиты транзистора от пробоя установлен стабилитрон VD2. Продолжительность заряда конденсатора C4 определяется сопротивлением резисторов R4 и R5, резистор R3 ограничивает падение напряжения на конденсаторе C4.

После замыкания контактов выключателя SA2 напряжение на конденсаторе C4 начинает нарастать, лампа EL1 плавно зажигается, поскольку начинает открываться транзистор VT1, напряжение на выводах 1 и 3 оптрона U1 возрастает, а темновое сопротивление встроенного фоторезистора (выводы 2, 4) уменьшается, что приводит к отпираннию симистора VS1. Конечное напряжение EL1 определяется сопротивлением резистора R7: чем оно больше, тем меньше напряжение на лампе. Яркость лампы после ее включения устанавливают переменным резистором R8. При любом положении движка резистора лампа будет плавно зажигаться или гаснуть. Для того чтобы погасить лампу, надо разомкнуть SA2. При этом напряжение на конденсаторе C4 начинает постепенно уменьшаться, и лампа гаснет полностью. При длительных перерывах следует снимать напряжение выключателем SA1.

Симистор VS1 типа *ТС-106-10* или его аналог *КУ208Г* устанавливают на теплоотвод площадью 10, 16, 25 или 65 см² при мощности нагрузки 200, 300, 500 или 1500 Вт, соответственно. Дроссель L1 имеет 215 витков провода ПЭВ-2 0,51 на стержневом сердечнике диаметром 8 и длиной 40 мм из феррита 400НН.

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

При напряжении сети 220 В ток потребления устройства составляет приблизительно 8 мА.

Устройство «мягкого» бесконтактного включения кинескопа (рис. 12.5) состоит из узла ограничения и задержки на ламповом диоде (кенотроне) VL1 [12.6]. Трансформатор T1 согласовывает сопротивления цепей накала кинескопа и диода VL1.

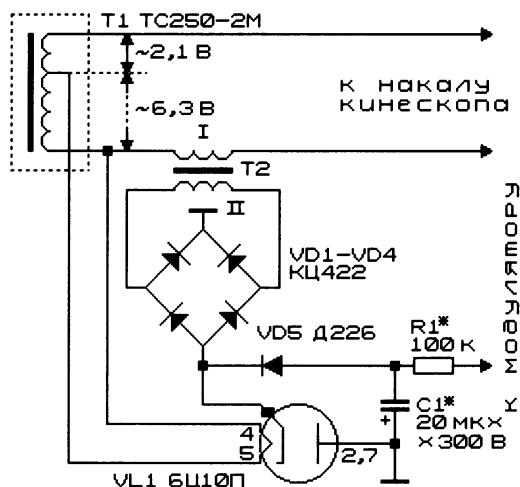


Рис. 12.5. Схема устройства «мягкого» бесконтактного включения кинескопа

Первичная обмотка трансформатора T2 включена в накальную цепь кинескопа. К его повышающей обмотке подключен диодный мост VD1 — VD4, нагруженный на кенотрон VL1 и обеспечивающий, пока он закрыт, выходное напряжение 220...240 В на некоторое время после включения питания. Это напряжение поддерживает в закрытом состоянии электронные прожектора кинескопа на время прогрева его катодов.

При включении телевизора напряжение на нити накала кинескопа уменьшено до 3,25 В (при токе 0,4 А) из-за падения на индуктивном сопротивлении первичной обмотки трансформатора T1. В результате постепенного прогрева катода лампы VL1 ток через нее возрастает до 30 мА в течение 18 сек. Кенотрон шунтирует через диодный мост вторичную обмотку трансформатора T2. Одновременно напряжение нити накала кинескопа вырастает до

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

6,3 В при токе 0,8...0,9 А. Напряжение на выходе диодного моста VD1 — VD4 плавно падает до 5 В в течение 25 сек из-за шунтирующего действия лампового диода VL1.

Время спада закрывающего кинескоп напряжения зависит от постоянной времени цепи модуляторов кинескопа, т.е. емкости конденсатора C1. Диод VD5 разделяет времязадающие цепи накала и модулятор кинескопа.

В качестве согласующего использован выходной трансформатор звука от телевизора «Радуга-703». Для обеспечения стабилизации необходимо увеличить напряжение на накальной обмотке силового трансформатора до 8,4 В, намотав дополнительную обмотку поверх одной из катушек. Эту обмотку из 5 витков провода ПЭВ-1 0,55 мм включают последовательно-синфазно с основной.

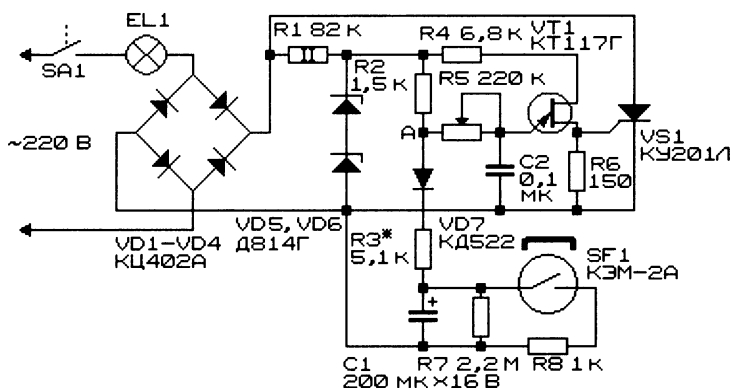


Рис. 12.6. Схема устройства плавного включения лампы накаливания

Для защиты осветительной лампы накаливания предназначено устройство, схема которого приведена на рис. 12.6 [12.7]. Оно обеспечивает плавную регулировку максимальной мощности лампы. При включении лампы переключателем SA1 геркон, закрепленный на язычке переключателя, включает зарядную цепочку, состоящую из накопительного конденсатора C1 и резистора R3. В процессе заряда конденсатора частота работы генератора импульсов на однопереходном транзисторе VT1 будет повышаться. На нить накала лампы будут поступать нарастающие по амплитуде

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

и частоте импульсы питания, а яркость лампы будет плавно нарастать.

Максимальную яркость лампы можно устанавливать резистором R5. С лампами повышенной мощности (более 75...100 Вт) тиристор следует установить на теплоотвод, а в выпрямителе использовать более мощные диоды.

В два этапа позволяет подать напряжение на лампу накаливания EL1 устройство по схеме на рис. 12.7 [12.8]. При включении устройства в первые секунды ток протекает через гасящее сопротивление R1 и нить лампы накаливания. Одновременно через выпрямитель с бестрансформаторным питанием заряжается конденсатор C2. Параллельно этому конденсатору подключена обмотка реле. Через некоторое время (0,2...0,3 сек), определяемое произведением сопротивления обмотки реле на величину емкости конденсатора C2, реле срабатывает. Его контакты закоротят гасящее сопротивление R1, предварительно разогретая нить накала лампы окажется полностью подключенной к сети.

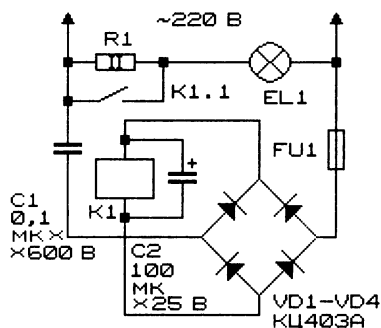


Рис. 12.7. Схема устройства для ограничения «холодного» тока ламп накаливания

Поскольку на резисторе R1 избыточная мощность выделяется кратковременно, можно использовать резистор, рассчитанный на мощность 2 Вт. Величина сопротивления этого резистора для маломощных (до 60...75 Вт) ламп составляет 750 Ом, для более мощных — 400 Ом и менее.

Реле — типа РЭС-15 РС4-591-001. Стоит отметить, что это слаботочное реле работает в щадящем режиме, и его хватит надолго.

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

Принцип действия устройства [12.9], предназначенного для двухступенчатого подключения нити накала кинескопа к источнику питания, ясен из рис. 12.8. При включении устройства ток через нить накала вначале протекает через резистор R5. Одновременно заряжаются конденсаторы двух реле времени — C1 и C2. Постоянная времени этих реле зависит от величины сопротивлений (R1 и R3), через которые заряжаются накопительные конденсаторы.

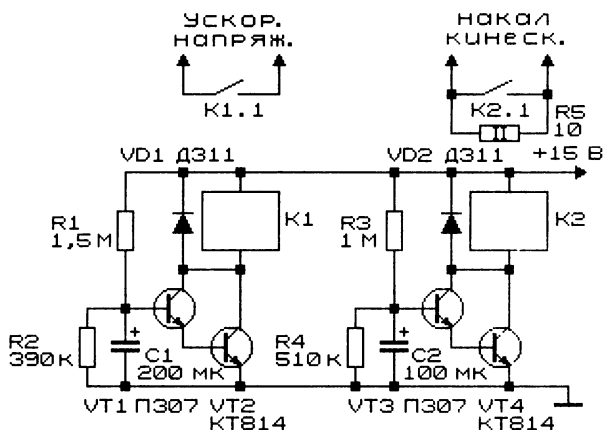


Рис. 12.8. Схема устройства двухступенчатого подключения нити накала кинескопа к источнику питания

После того как напряжение на конденсаторе C1 (C2) превышает некоторый порог, откроется составной транзистор VT1, VT2 (VT3, VT4). Для этого достаточно 32 и 10 сек, соответственно.

Реле K2 своими контактами шунтирует гасящий резистор R5, на нить накала подается полное напряжение питания. Реле K1 включает ускоряющее напряжение на кинескоп.

В схеме использованы реле РЭС-10, РЭК-43, КУЦ-1 или иные с током срабатывания 18...40 мА при напряжении 10...15 В.

Отметим, что схему можно усовершенствовать: если использовать реле K1 с дополнительной контактной группой, можно организовать трехступенчатое включение нити накала.

Для увеличения срока службы мощных дорогостоящих и дефицитных радиоламп (в выходных каскадах передатчиков),

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

кинескопов, прожекторных, кинопроекторных, осветительных и других ламп, нагревательных элементов используют ступенчатое или плавное включение нити накала на полную мощность [12.1].

Устройство (рис. 12.9) позволяет производить автоматическое пятиступенчатое нарастание тока через нить накала до номинального значения [12.1].

Базовый элемент схемы (элементы 1а — 1d), выполненный на 1/4 части четырехканального коммутатора *K561КТ3*, приведен на рис. 12.9 (внизу слева). При включении устройства на нить накала через цепочку последовательно соединенных резисторов *R2a — R2d* подается напряжение накала. На нити накала выделяется до 20% от номинальной мощности ($P_{ном}$). На управляющие электроды *КМОП*-коммутаторов и накопительные конденсаторы *C* элементов 1а — 1d через резисторы *R1a — R1d* подается постоянное напряжение (рис. 12.9). Постоянную времени срабатывания управляющих ключей определяют значения сопротивлений резисторов ($R1d > R1c > R1b > R1a > 50 \text{ кОм}$). Когда конденсатор *C*, подключенный к управляющему электроду коммутатора, зарядится до напряжения срабатывания соответствующего электронного *КМОП*-ключа, коммутатор «замкнется», база транзистора через резистор 10 *кОм* будет подключена к «плюсовой» шине питания и реле сработает. После срабатывания первого коммутатора контакты реле *K1a* замкнут резистор *R2a*, и нить накала будет потреблять до 40% $P_{ном}$. Через некоторое время сработает второй коммутатор, контакты реле *K1b* замкнут резисторы *R2a*, *R2b*, и на нити накала будет выделяться до 60% $P_{ном}$.

Одновременно, в силу того, что на коллекторе транзистора блока 1b появится напряжение низкого уровня, через диод (вывод 5 блока 1b) конденсатор *C* блока 1а будет подключен к «минусовой» шине питания; напряжение на управляющем входе коммутатора блока 1а снизится до значения логического нуля; *КМОП*-коммутатор блока 1а разомкнется, и реле *K1a* отключится, контакты *K1a* разомкнутся.

Через некоторое время сработает коммутатор блока 1с, включатся контакты реле *K1c* (80% $P_{ном}$) и отключится реле блока 1b (и 1а) и, соответственно, контакты реле *K1b* (и *K1a*). Затем, наконец, сработает коммутатор блока 1d, включив нить накала на 100% мощность и отключив реле предыдущих блоков 1а — 1с.

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

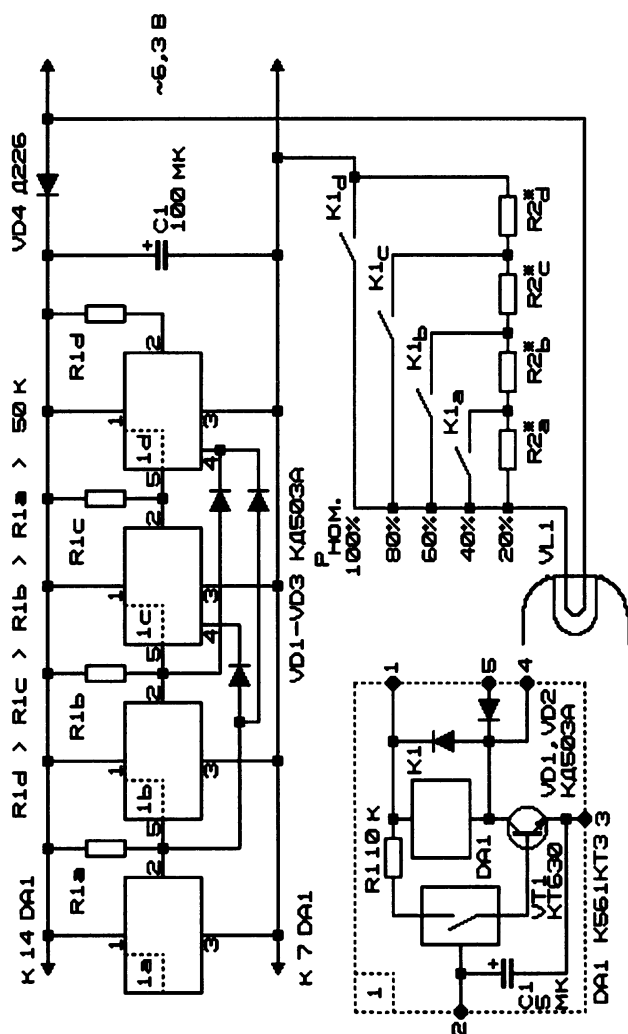


Рис. 12.9. Схема устройства защиты мощных радиоламп

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

Мощность, потребляемая устройством, не превышает 1 Вт и определяется, главным образом, типом используемых реле (ток срабатывания до 100 мА).

При необходимости количество управляющих элементов 1а — 1д может быть уменьшено (с ухудшением режима коммутации мощности), либо, напротив, увеличено. Недействующие контакты реле могут быть использованы для управления схемой отсроченной подачи высоковольтного напряжения на лампы.

Резисторы R2а — R2д подбирают следующим образом: последовательно с нитью накала включают проводник из нихрома и подбирают отрезки проводника без его разрезания до выделения на нити накала 20, 40, 60, 80% $P_{ном}$ ($I_{ном}$). Нихромовый провод навивают затем на резистор типа BC-2 (или керамическую трубку) с дополнительно закрепленными контактами бандажного типа и припаивают с использованием флюса из ацетилсалициловой кислоты (аспирина) к торцевым и промежуточным контактам. Места пайки во избежание коррозии промывают спиртовым раствором.

Выбор соотношения (значений) сопротивлений резисторов R1а — R1д определяет динамику разогрева нити накала. Скорость разогрева нити накала индивидуальна для каждого типа лампы и зависит от массы нити накала и подводимой мощности: для ламп прямого накала время выхода на стационарный режим может составлять единицы секунд; для ламп косвенного подогрева — единицы — десятки секунд. В этой связи выбор значений R1а — R1д желательно производить экспериментально по времени выхода на стационарное значение 20, 40, 60, 80, 100% $P_{ном}$.

Поскольку напряжение и ток накала (U_n , I_n) электровакуумных приборов существенно различаются, например, для ламп ГУ15 4,8 В/0,68 А; ГУ32 6,3 В/1,6 А (12,6 В/0,8 А); ГУ19 6,3 В/2 А; ГУ29 6,3 В/2,25 А; ГИ30 6,3 В/2,25 А (12,6 В/1,125 А); ГУ13 10 В/5 А; ГУ50 12,6 В/0,7 А; ГУ80 12,6 В/10,5 А; ГК71 20 В/3 А; черно-белых кинескопов — 6,3 В/0,3 А; цветных кинескопов — 6,3 В/0,9 А, то для питания микросхемы К561КТ3 (либо ее аналогов — К564КТ3, К176КТ1) можно использовать простейший стабилизатор напряжения (9...15 В для микросхем К561, К564 и 9 В для К176), либо питание схемы защиты и накальных цепей производить от отдельных источников.

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

Тип реле выбирают по надежному срабатыванию при относительно низком напряжении питания, а также по значению предельных токов коммутации.

Большое разнообразие схем защиты нитей накала электровакуумных приборов (ламп, кинескопов и т.п.) сводится к стабилизации питающего напряжения или тока, защите от их превышения на нити накала, к замедленному разогреву нити и отсроченному включению ускоряющих напряжений.

Ряд подобных схемных решений, связанных, например, со стабилизацией напряжения или тока может привести к совершенно противоположному эффекту: при выходе из строя стабилизатора на защищаемую нить накала может поступить повышенное напряжение, и нить перегорит.

Для многоуровневой защиты особо ценных ламп накаливания, кинескопов с трансформаторно-сетевым питанием, мощных радиоламп предназначено устройство (рис. 12.10), которое обеспечивает плавное повышение напряжения на нити накала, стабилизацию выходного напряжения, двойную защиту по току и одинарную — по напряжению [12.10].

В качестве сервисных функций предусмотрен визуальный контроль включения устройства и скорости нарастания напряжения на выходе стабилизатора, а также индикация перегорания предохранителя.

Схема рассчитана на защиту нити накала с питанием переменным током напряжением $6,3\text{ В}$, но может быть приспособлена для работы и с другими напряжениями.

Напряжение переменного тока, снимаемое с обмотки силового трансформатора, подается на диодный мост — диоды VD1 — VD4. К выходу выпрямителя подключен стабилизатор напряжения с защитой по току нагрузки и плавным нарастанием выходного напряжения с момента включения устройства. Стабилитрон VD5 и светодиод HL1 обеспечивают формирование опорного напряжения. Потенциометр R2, включенный параллельно светодиоду HL1, позволяет плавно регулировать выходное напряжение. Одновременно светодиод HL1 индицирует включенное состояние устройства. RC-цепь (R3, C2) обеспечивает плавное (до 50 сек) нарастание выходного напряжения.

12. Стабилизация параметров и защита нагрузок

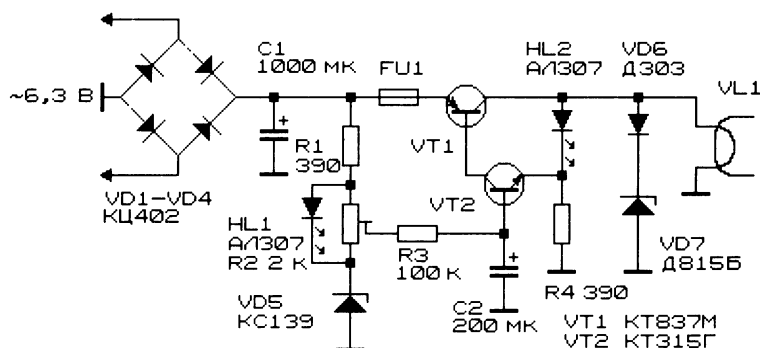


Рис. 12.10. Схема устройства для многоуровневой защиты цепей нагрузки

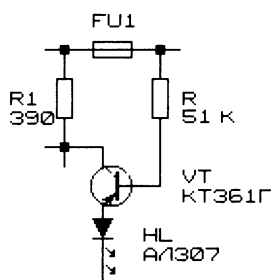


Рис. 12.11. Схема индикации перегорания предохранителя

Светодиод HL2 является индикатором выходного напряжения и, одновременно, датчиком тока в цепи нагрузки. При увеличении тока нагрузки управляющий транзистор VT2 плавно запирается, ограничивая ток через транзистор VT1. Цепочка, состоящая из мощных германиевого диода VD6 (Д303 — Д306) и стабилитрона VD7 (Д815Б), ограничивает напряжение на нити накала при повреждении транзистора VT1 (коротком замыкании). Наконец, элементом защиты является плавкий предохранитель FU1, срабатывающий при длительном протекании сверхкритического тока через короткозамкнутый транзистор VT1, диодно-стабилитронную цепочку ограничителя напряжения (VD6, VD7) и нить накала.

Для индикации перегорания предохранителя может быть использована схема на рис. 12.11. При перегорании предохранителя FU1 открывается транзистор VT1 (рис. 12.11), включая

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

параллельно цепочке формирования опорного напряжения (светодиод HL1 и стабилитрон VD5) светодиод HL АЛ307 красного свечения. Светодиод HL1 зеленого свечения (индикатор включения) при этом гаснет. Для использования дополнительных уровней защиты — включения ускоряющих напряжений по мере прогрева лампы (кинескопа) — параллельно нити накала может быть подключено реле, срабатывающее при напряжении, например, 5 В.

Транзистор VT1 должен быть установлен на алюминиевом или медном радиаторе с площадью поверхности не менее 40 см².

Устройство, разработанное О. В. Белоусовым (рис. 12.12), предназначено для облегчения режима эксплуатации кинескопа [12.11].

Сетевое напряжение подается на трансформатор *ТБК-110М*, понижается до необходимого уровня, выпрямляется и стабилизируется. На составном транзисторе (полевом VT1 и биполярном VT2) собран генератор линейно нарастающего напряжения. Скорость нарастания напряжения определяется постоянной времени RC-цепи — C2(R3+R4). С выхода генератора это напряжение поступает на базу транзистора VT3, управляющего режимом мощного транзистора VT4. К выходу этого каскада и подключена нить накала кинескопа.

Одновременно к коллектору мощного транзистора VT4 подключены через резисторы (R11 и R12) и стабилитроны (VD7 и VD8) цепи, управляющие работой тиристоров VS1 и VS2. После того как напряжение на коллекторе транзистора VT4 превысит порог включения стабилитрона VD7 (5,2...5,6 В), тиристор VS1 отпрется, сработает реле К1 и своими контактами К1.1 подключит телевизор к сети.

Второй тиристор — VS2 предназначен для защиты нити накала кинескопа от перенапряжения. Такая ситуация возможна при повреждении транзистора VT4. Если напряжение на нити превысит порог срабатывания (включения стабилитрона VD8) защиты (8 В), включится тиристор VS2 и закоротит цепи питания. Одновременно отключится и сам телевизор.

Общий провод устройства не должен быть соединен с общим проводом телевизора.

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

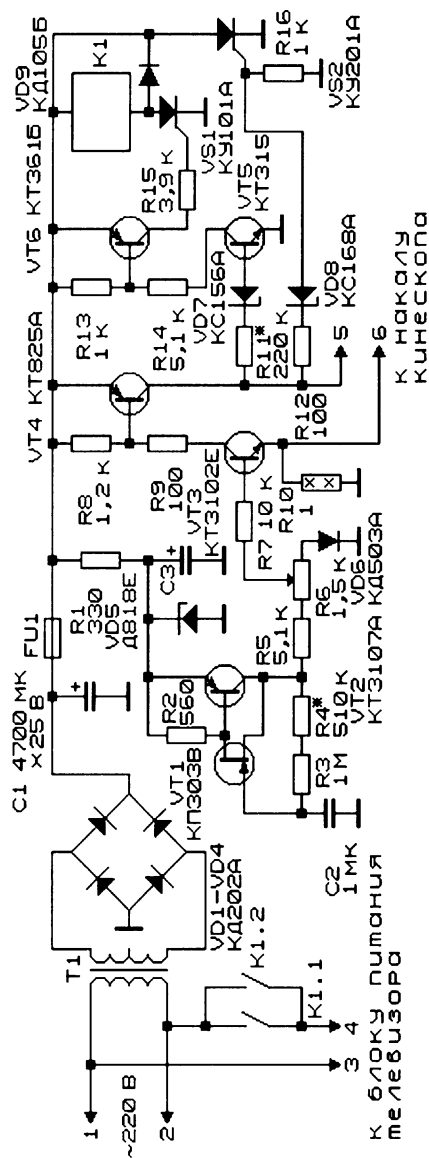


Рис. 12.12. Схема устройства оптимизации режима эксплуатации кинескопа

12. Стабилизация параметров и защита нагрузки

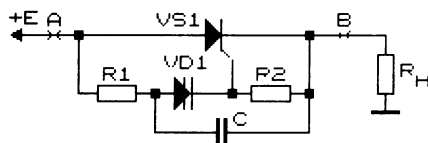


Рис. 12.13. Схема задержки подключения нагрузки

Схема задержки подключения нагрузки, опубликованная в одном из зарубежных журналов, содержит тиристорный ключ, последовательно соединенный с нагрузкой (рис. 12.13). При включении питающего напряжения постоянного тока тиристор вначале заперт. После того как конденсатор C через резистор R_1 и сопротивление нагрузки зарядится до напряжения переключения динистора $VD1$, он перейдет в проводящее состояние, а конденсатор C разрядится на управляющий переход тиристора. Тиристор переключится в проводящее состояние, когда падение напряжения на нем минимально (обычно единицы вольт) и подключит нагрузку.

Такие устройства могут быть полезны при необходимости поочередно-последовательного включения нагрузок.

13. Методы восстановления химических источников тока

Для восстановления работоспособности аккумуляторов (многократно заряжаемых гальванических элементов, основанных на обратимом преобразовании электрической энергии в химическую и наоборот) используют специальные зарядные устройства, позволяющие «закачать» в разряженный аккумулятор очередную порцию энергии. В отличие от аккумуляторов гальванические элементы и батареи одноразового использования изначально не предполагалось подзаряжать (иначе они и именовались бы по иному). Однако в процессе эксплуатации некоторых гальванических элементов и батарей выявилась возможность частичного восстановления их свойств путем зарядки.

Для зарядки аккумуляторов используют несколько методов, основным из которых следует считать зарядку постоянным током. Зачастую расчетное время полной зарядки составляет 10 час. Помимо классического, используют метод зарядки по Вудбриджу (правилу ампер-часов), зарядки пульсирующим и/или асимметричным током, зарядки при постоянном напряжении, тренирующей попеременной зарядки-разрядки с регулируемым их соотношением и преобладанием зарядной компоненты, экспресс-заряд, заряд ступенчатым током, «плавающий» заряд, компенсационный подзаряд и т.д.

Неплохие результаты дает зарядка аккумулятора током, изменяющимся в соответствии с так называемым «законом ампер-часов» Вудбриджа [13.1]. В начале зарядки ток максимален, а затем уменьшается по закону, описываемому экспоненциальной кривой. При зарядке в соответствии с «законом ампер-часов» начальный ток может достигать 80% от емкости аккумулятора, в результате чего время зарядки значительно сокращается.

Каждый из перечисленных способов имеет как преимущества, так и недостатки. Самым распространенным и надежным остается зарядка постоянным током [13.2]. Появление микросхем стабилизаторов напряжения, позволяющих работать в режиме стабилизации тока, делает применение этого способа еще более

13. Методы восстановления источников тока

привлекательным. Кроме того, только зарядка постоянным током обеспечивает наилучшее восстановление емкости аккумулятора в случае, когда процесс разбивают, как правило, на две ступени: заряжают номинальным током и вдвое меньшим.

Например, номинальное напряжение батареи из четырех аккумуляторов Д-0,25 емкостью 250 мА·ч — 4,8...5 В. Номинальный зарядный ток обычно выбирают равным 0,1 от емкости, т.е. 25 мА. Заряжают таким током до тех пор, пока напряжение на аккумуляторной батарее не достигнет 5,7...5,8 В при подключенных клеммах зарядного устройства, а затем в течение двух-трех часов продолжают заряжать током около 12 мА.

Возможность увеличения срока службы сухих гальванических элементов (метод регенерации) была заложена патентом Эрнста Беера в 1954 г. (Патент США) [13.3]. Регенерацию осуществляют пропусканием через гальванический элемент или их группу асимметричного переменного тока с соотношением полупериодов 1:10. По данным разных авторов средний срок службы гальванических элементов может быть увеличен таким образом от 4 до 20 раз.

Согласно практическим рекомендациям фирмы «Варта» (ФРГ) [13.3]:

- регенерации поддаются элементы, напряжение которых ниже номинала не более чем на 10%;
- напряжение для регенерации элемента не должно превышать более чем на 10% номинальное значение;
- ток регенерации должен быть в пределах 25...30% от максимального разрядного тока для данного элемента;
- время регенерации должно в 4,5...6 раз превышать время разрядки;
- регенерацию следует производить непосредственно вслед за разрядкой батареи;
- не следует производить регенерацию для элементов с поврежденным цинковым корпусом, с вытекшим электролитом.

Помимо зарядно-разрядных операций для некоторых видов аккумуляторов актуальным вопросом является регенерация (вос-

13. Методы восстановления источников тока

становление) по мере возможности их исходных свойств, утраченных в результате неправильного хранения и/или эксплуатации.

Приемы «реанимации» и восстановления ресурсов разряженных электрических батарей (сухих гальванических батарей и элементов) в общих чертах похожи и порой отвечают соответствующим процедурам для аккумуляторов.

Устройства для заряда, восстановления или регенерации химических источников тока обычно содержат стабилизатор тока, иногда устройство защиты от перенапряжения или перезарядки, приборы и схемы контроля и регулирования.

Так, например, на практике для никель-кадмиевых аккумуляторов получили распространение несколько типов зарядных устройств [13.1].

1. Зарядное устройство с фиксированным постоянным током. Зарядку аккумулятора прекращают вручную по истечении времени, достаточного для полной зарядки. Зарядный ток должен составлять 0,1 от емкости аккумулятора в течение 12...15 ч.

2. Ток зарядки фиксированный. Напряжение на заряжаемом аккумуляторе контролируется пороговым устройством. При достижении заданного напряжения зарядка автоматически прекращается.

3. Зарядное устройство заряжает аккумулятор постоянным током в течение фиксированного времени. Зарядка автоматически прекращается по истечении, например, 15 ч. Последний вариант зарядного устройства имеет существенный недостаток. Перед зарядкой аккумулятор должен быть разряжен до напряжения 1 В, только тогда при зарядке током 0,1 от емкости аккумулятора в течение 15 ч аккумулятор зарядится до номинальной емкости. В противном случае при зарядке не полностью разряженного аккумулятора в течение указанного времени произойдет его перезарядка, что ведет к сокращению времени службы.

В первых двух вариантах устройств зарядка постоянным стабильным током не является оптимальной. Исследованиями установлено [13.1], что в самом начале цикла зарядки аккумулятор наиболее восприимчив к сообщаемому ему количеству электричества. К концу зарядки процесс накопления энергии аккумулятора замедляется.

14. Слаботочные зарядные устройства

Один из наиболее простых способов зарядки серебряно-цинковых элементов типа *СЦ-21* описан в работе [14.1]. Для этого параллельно соединяют элемент типа *373* («Орион-М») и восстанавливаемый элемент *СЦ-21* (рис. 14.1). До зарядки напряжение на *СЦ-21* составляло около $1,5\text{ В}$. В процессе зарядки это напряжение достигло нормы: $1,55...1,6\text{ В}$, причем перезаряд элемента *СЦ-21* исключен. Минимальное время восстановления заряда составляло $1...1,5$ суток. В качестве батареи-донора можно использовать также элементы типа *343* и ему подобные элементы, напряжение на которых близко к $1,6\text{ В}$. Поскольку ток зарядки невелик, то можно использовать отработанные сухие батареи.

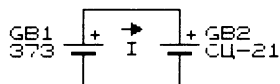


Рис. 14.1. Подзарядка СЦ-21 от элемента 373

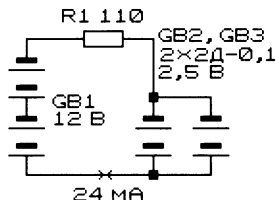


Рис. 14.2. Схема заряда батареи 2x2Д-0,1 от автомобильного аккумулятора

Зарядка миниатюрных аккумуляторных батарей, таких, как *2x2Д-0,1* или *7Д-0,1* может производиться в полевых условиях от любых источников постоянного тока, в частности от автомобильных аккумуляторов напряжением 12 В или бортовой сети напряжением $24...27\text{ В}$ [14.2]. Для зарядки аккумуляторной батареи *2x2Д-0,1* от 12-вольтовой аккумуляторной батареи зарядным током 24 мА необходимо в зарядную цепь включить последовательно ограничительное сопротивление (например, типа МЛТ) величиной около 110 Ом , как это показано на рис. 14.2.

14. Слаботочные зарядные устройства

Для батареи 7Д-0,1, зарядный ток которой составляет 12 мА, требуется гасящее сопротивление величиной 300 Ом.

В приведенных выше случаях время полного заряда составит 15...16 часов. В случае необходимости частично разряженным батареям может быть дан подзаряд, время которого определяется величиной утраченной емкости.

Схема простого устройства для регенерации гальванических элементов асимметричным током с соотношением токов во время полупериодов 1:10 с гальванической развязкой от сети показана на рис. 14.3 [14.3].

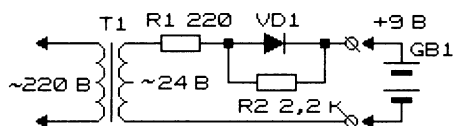


Рис. 14.3. Схема устройства для регенерации гальванических элементов асимметричным током

Значения сопротивлений резисторов устройства можно определить из выражений:

$$R1 = \frac{U_{вх} - U_0}{2,2 \times I_0}; R2 = 10R1.$$

Здесь: $U_{вх}$ — напряжение на входе устройства (выводах трансформатора), В; U_0 — напряжение заряжаемого элемента, В, I_0 — ток заряда, мА; $R1, R2$ — в кОм.

На следующем рисунке (рис. 14.4) показан усложненный и усовершенствованный вариант схемы, позволяющей ограничивать падение напряжения на заряжаемом элементе, индицировать свечением светодиода процесс зарядки и момент его окончания. При повышении напряжения на элементе в процессе зарядки плавно открывается стабилитрон, начинает светиться светодиод. Подбором стабилитрона напряжение на заряжаемом элементе можно ограничить, это предохранит батарею от перезарядки.

Подобным методом можно заряжать и никель-кадмиевые аккумуляторы.

Известно, что марганцево-цинковые батареи обладают способностью к перезарядке [14.2]. Такой способностью обладают,

14. Слаботочные зарядные устройства

в частности, широко распространенные элементы и батареи типа КБС, «Крона» и др. при условии, что подзаряды производятся в пределах срока сохранности элемента или батареи, а также при условии отсутствия повреждений цинкового стакана или изолирующей оболочки элемента. Зарядка марганцево-цинковых элементов и батарей производится асимметричным током, обеспечивающим получение плотного осадка цинка на отрицательном электроде.

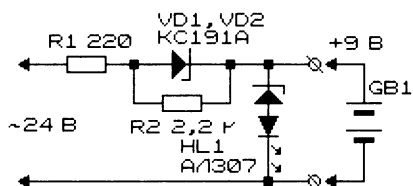


Рис. 14.4. Усовершенствованный вариант схемы зарядного устройства с сетевым питанием

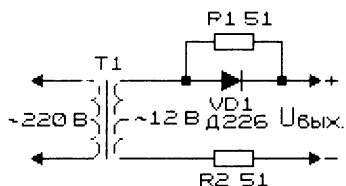


Рис. 14.5. Схема простейшего устройства для зарядки марганцево-цинковых и ртутно-цинковых элементов и батарей асимметричным током

Существует несколько схем получения асимметричного тока. Простейшая схема выпрямителя для зарядки МЦ и РЦ элементов и батарей приведена на рис. 14.5 [14.2].

Схемы получения асимметричного зарядного тока (рис. 14.6, 14.7) рассчитаны на использование понижающего трансформатора с выходным напряжением 7,5 В, что позволяет применять их для зарядки батарей с напряжением 4,5 В и ниже. Одна из схем (см. рис. 14.6) использует для пропускания переменной составляющей диод, зашунтированный небольшим сопротивлением [14.2]. Лампа EL1 3,5 В, 0,28 А, включенная в зарядную цепь, служит стабилизатором тока и одновременно выполняет роль индикатора окончания процесса зарядки батареи, который определяется по уменьшению яркости накала нити.

14. Слаботочные зарядные устройства

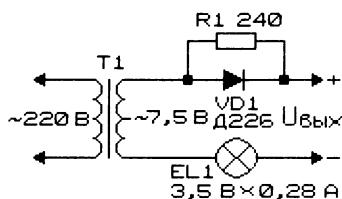


Рис. 14.6. Схема устройства для получения асимметричного зарядного тока

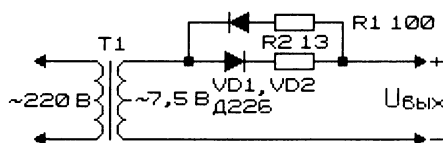


Рис. 14.7. Вариант схемы устройства для получения асимметричного зарядного тока

Следующая схема для получения асимметричного зарядного тока (рис. 14.7) использует два включенных навстречу диода [14.2]. Окончание заряда батареи в этой схеме определяется по прекращению роста напряжения, которое после достижения 6 В (для батарей КБС) уже не повышается вследствие уравнивания токов в обеих параллельных ветвях и протекания только переменной составляющей, не вызывающей увеличения напряжения.

При использовании таких схем необходимо в процессе заряда контролировать как напряжение постоянного тока, так и переменную составляющую. Заряд батарей КБС, разряженных не ниже 2,3...2,4 В, продолжается с помощью описанных устройств в течение 12...14 часов, с тем, чтобы сообщить батарее 140...160% номинальной емкости.

Принципиальная схема устройства [14.2] для зарядки серебряно-цинковых и никель-цинковых аккумуляторов асимметричным током показана на рис. 14.8. Регулировкой потенциометров можно обеспечить необходимое соотношение токов для зарядки.

Как было показано ранее, для зарядки аккумуляторов может быть использован источник переменного тока, имеющий асимметрию положительных и отрицательных полувольт.

Для получения асимметричного переменного тока авторами изобретения [14.4] была предложена схема трансформатора

14. Слаботочные зарядные устройства

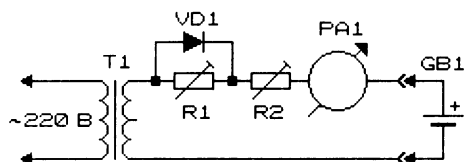


Рис. 14.8. Схема устройства для зарядки серебряно-цинковых и никель-цинковых аккумуляторов асимметричным током

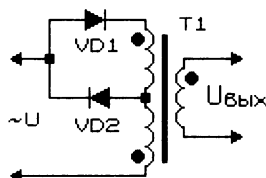


Рис. 14.9. Схема получения асимметричного переменного напряжения

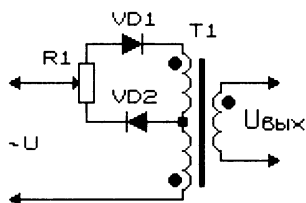


Рис. 14.10. Схема получения регулируемого асимметричного переменного тока

(рис. 14.9), имеющего разные коэффициенты трансформации для положительной и отрицательной полуволн.

Рассмотренная выше схема трансформатора не позволяет получить на выходе регулируемое соотношение полуволн напряжения. Как следует из рис. 14.9, соотношение амплитуд полупериодов на выходе трансформатора остается неизменным. Впрочем, эту проблему легко можно разрешить, включив в схему дополнительный потенциометр R1 (рис. 14.10). Отметим, что вместо потенциометра R1 можно использовать и его транзисторный аналог — управляемое электрическим сигналом «сопротивление» на основе полевых или биполярных транзисторов.

В другом изобретении [14.5] показана возможность преобразования напряжения с регулировкой формы выходного напряжения

14. Слаботочные зарядные устройства

(рис. 14.11): потенциометром R3 регулируют частоту генерации, R4 — длительность полупериодов выходного напряжения.

Такие схемные решения могут быть использованы, например, для создания устройств зарядки аккумуляторных батарей асимметричным током с автоматической или принудительной ручной регулировкой формы зарядного тока.

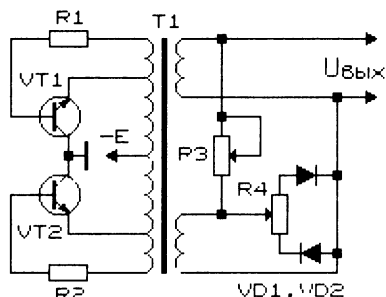


Рис. 14.11. Схема преобразователя напряжения с регулировкой формы выходного напряжения

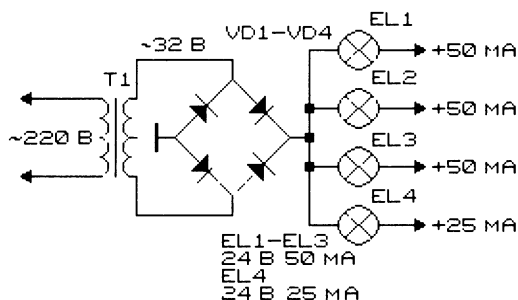


Рис. 14.12. Схема зарядного устройства с ограничителями-стабилизаторами зарядного тока на основе ламп накаливания

Зарядное устройство (рис. 14.12) позволяет одновременно заряжать различным током несколько аккумуляторов [14.6]. Для зарядки используется пульсирующее напряжение, снимаемое с выхода мостового выпрямителя на диодах VD1 — VD4. В качестве ограничителей-стабилизаторов тока заряда использованы слаботочные лампы накаливания, включенные последовательно с заряжаемыми элементами.

14. Слаботочные зарядные устройства

Лампы защищают схему от короткого замыкания и индицируют процесс зарядки. При коротком замыкании в нагрузке одного из каналов, соответствующая этому каналу лампа горит ярким светом, индицируя об аварийном режиме работы. Если не будут предприняты иные меры (отключение короткозамкнутой нагрузки), лампа перегорает. Процесс зарядки остальных аккумуляторов при этом не прерывается.

Напряжение на зажимах заряжаемых аккумуляторов может находиться в пределах от 1,2 до 12 В. Напряжение на вторичной обмотке трансформатора Т1 должно быть 32 В.

Многие аккумуляторы не допускают разрядку ниже определенного значения: стоит перейти некоторый предел, и в аккумуляторе произойдут необратимые процессы, после которых источник питания станет непригоден для дальнейшей эксплуатации. В этой связи очень актуальным является вопрос защиты элементов питания от слишком глубокой разрядки.

Схема одного из устройств, предназначенных для защиты аккумуляторов от разряда ниже допустимой величины [14.6], показана на рис. 14.13. Для контроля напряжения питания использован обычный стабилитрон VD1 или заменяющий его лавинный транзистор VT3.

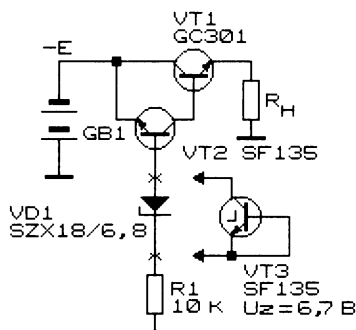


Рис. 14.13. Схема устройства для защиты аккумуляторов от разряда ниже допустимой величины

Стоит источнику напряжения GB1 разрядиться до напряжения, меньшего суммы напряжения стабилизации стабилитрона (или напряжения лавинного пробоя транзистора VT3) и падения напряжения на эмиттерном переходе транзистора VT2, как

14. Слаботочные зарядные устройства

транзисторный ключ (VT1 и VT2) запретится и отключит нагрузку от батареи GB1.

Согласно одной из концепций, для заряда герметичных аккумуляторов наиболее благоприятным считается зарядный ток стабильной величины.

Зарядное устройство (рис. 14.14) позволяет получить на выходе «набор» зарядных токов, которые не зависят от колебаний входного напряжения, а также сопротивления заряжаемого элемента [14.6]. На нагрузке транзистора VT1 напряжение стабилизировано. С движков группы потенциометров, включенных параллельно и питаемых стабильным напряжением, снимается определенная доля напряжения и поступает на базы транзисторов VT2 — VT5. При помощи резисторов R3, R5, R7, R9 задается величина предельного тока через транзисторы и, соответственно, через заряжаемые элементы.

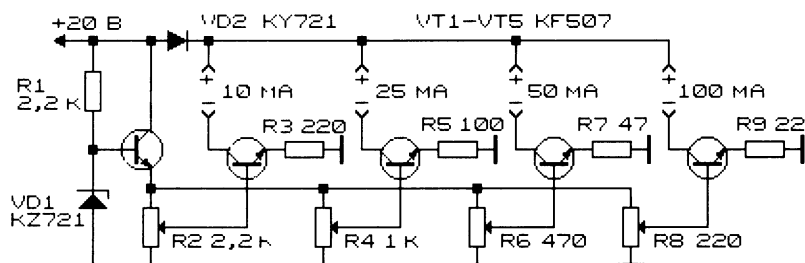


Рис. 14.14. Схема зарядного устройства с «набором» стабильных зарядных токов

Схема (рис. 14.15) предназначена для отдельного заряда до шести химических источников тока [14.7]. Одновременно можно заряжать полностью разряженные аккумуляторы и те, которые необходимо подзарядить после хранения. Последние никогда не перезаряжаются, если прекратить заряд одновременно с теми, которым необходимо полностью восстановить емкость. Вследствие технологического разброса при производстве аккумуляторов, каждый из них отдает различную емкость даже при соединении их в батарею, особенно это относится к длительно эксплуатируемым аккумуляторам.

Аккумулятор, подключенный к гнезду XS1, заряжается эмиттерным током транзистора VT1, пропорциональным току

14. Слаботочные зарядные устройства

базы, который уменьшается по экспоненциальному закону. Таким образом, аккумулятор автоматически заряжается оптимальным образом.

Опорное напряжение формируется аналогом низковольтного стабилитрона на элементах VT7, VT8, VD1, VD2. Диоды VD1, VD2 подбирают из комбинации кремниевый — германиевый или оба германиевых. Критерий правильности подбора — напряжение 1,35...1,4 В на эмиттере транзистора VT1. Резистор в цепи базы транзистора определяет начальный ток заряда. Само зарядное устройство в процессе работы постоянного наблюдения не требует.

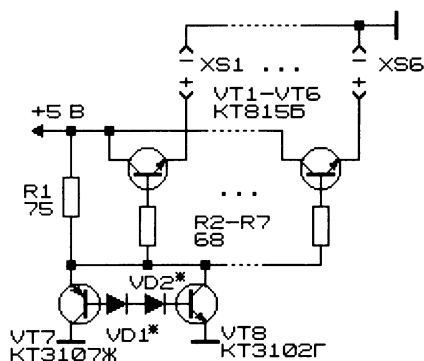


Рис. 14.15. Схема зарядного устройства для никель-кадмиевых аккумуляторов

На схеме указаны номиналы для заряда аккумуляторов ЦНК-0,45. Зарядное устройство позволяет заряжать также аккумуляторы типов Д-0,06, Д-0,125, Д-0,25, но для каждого из них необходимо установить в цепи базы транзистора резистор, обеспечивающий соответствующий начальный ток заряда.

В зарядном устройстве не предусмотрена система защиты от перегрузок. Питание устройства — от стабилизированного источника +5 В с максимальным током 2 А.

Следует заметить, что разряжать аккумуляторы ниже 1 В не стоит, такие аккумуляторы теряют номинальную емкость, а бывает, и переполасовываются.

Для контроля окончания зарядки можно использовать схему на рис. 14.16 [14.7].

14. Слаботочные зарядные устройства

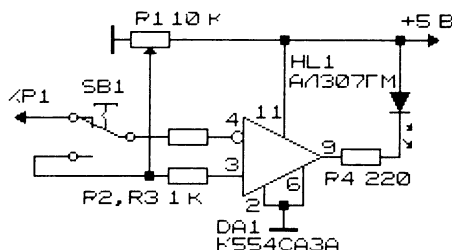


Рис. 14.16. Схема контроля окончания заряда

Основой ее служит компаратор DA1. На неинвертирующий вход поступает напряжение 1,35 В с движка подстроечного резистора R1. Через контакты кнопки SB1 на инвертирующий вход подают напряжение с контролируемого аккумулятора. Если при фиксации кнопки SB1 в нажатом положении светодиод HL1 начинает светиться, то аккумулятор зарядился до номинального напряжения 1,35 В. Далее контролируют напряжение на следующем аккумуляторе и т.д.

Автоматически отключающееся зарядное устройство [14.6] на основе тиристорного ключа (рис. 14.17) состоит из выпрямителя и источника стабилизированного опорного напряжения. Источник опорного напряжения выполнен на стабилитроне VD6. Через резистивный делитель (потенциометр R2) стабилизированное напряжение подается на базу транзистора VT2. К эмиттеру этого транзистора подключен анодом диод VD7, соединенный своим катодом с заряжаемой батареей. Как только напряжение на батарее повысится сверх заданного уровня, транзисторы VT1 и VT2, а также и тиристор, через который протекает зарядный ток, отключатся, прервав процесс заряда.

Стоит обратить внимание, что тиристор питается импульсами выпрямленного напряжения от диодного моста VD1 — VD4. Конденсатор фильтра C1, транзисторная схема и стабилизатор напряжения подключены к выпрямителю через диод VD5. Лампа накаливания индицирует процесс заряда и, при необходимости, ограничивает ток короткого замыкания в аварийной ситуации.

В зарядных устройствах также может использоваться схема стабилизатора тока. На рис. 14.18 показана схема зарядного устройства на основе микросхемы LM117 с ограничением зарядного

14. Слаботочные зарядные устройства

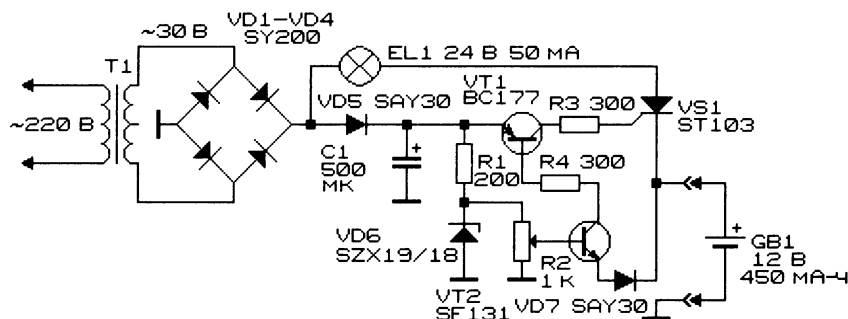


Рис. 14.17. Схема зарядного устройства с автоматическим отключением

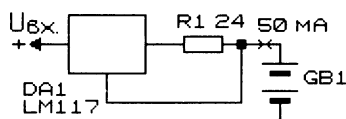


Рис. 14.18. Схема зарядного устройства на основе стабилизатора тока

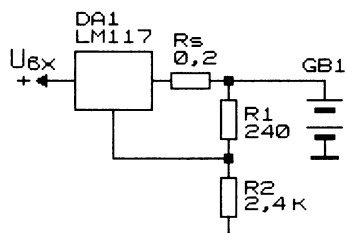


Рис. 14.19. Схема зарядного устройства для заряда батареи напряжением 12 В

тока до 50 мА [14.8]. Величину этого тока легко изменить с помощью резистора R1.

Простое зарядное устройство [14.8] для заряда батареи напряжением 12 В может быть выполнено на основе микросхемы типа LM117 (рис. 14.19). Выходное сопротивление устройства определяется величиной резистора R_s.

Схема другого зарядного устройства [14.8] с ограничителем зарядного тока на уровне 600 мА (при сопротивлении резистора R3=1 Ом) для заряда 6 В батареи изображена на рис. 14.20.

14. Слаботочные зарядные устройства

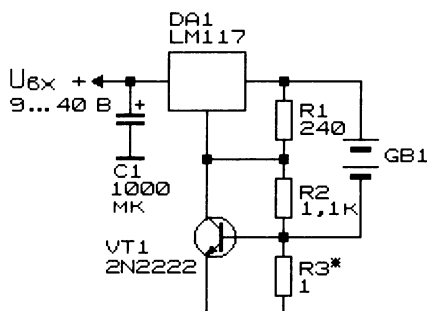


Рис. 14.20. Схема зарядного устройства с ограничением зарядного тока

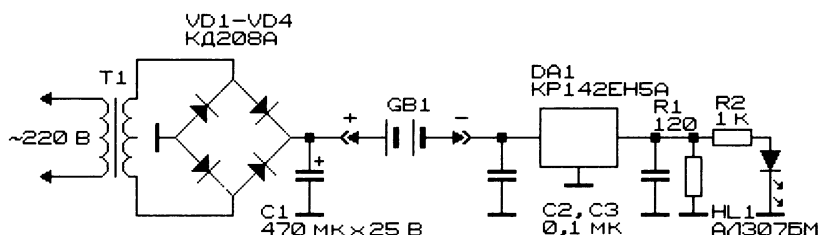


Рис. 14.21. Схема зарядного устройства для аккумуляторов ЦНК-0,45

В схеме зарядного устройства (рис. 14.21) для заряда аккумуляторов типа ЦНК-0,45 использован стабилизатор тока на микросхеме типа KP142EH5A [14.9]. Ток заряда (50...55 мА) задан сопротивлением резистора R1: на этом сопротивлении падает ровно 5 В, следовательно, ток, протекающий через последовательную цепочку из заряжаемого аккумулятора и генератора стабильного тока на основе микросхемы DA1 составляет $5 \text{ (В)} / 120 \text{ (Ом)} = 45 + I_C \text{ (мА)}$, где $I_C = 5...10 \text{ мА}$ — ток собственного потребления микросхемы. Реально ток будет выше указанного значения еще на 3 мА, поскольку в расчетах не учтен ток через светодиодный индикатор HL1, индицирующий работу устройства.

Напряжение на конденсаторе фильтра C1 должно быть порядка 15...25 В.

При использовании стабилизаторов на большее выходное напряжение величину резистора R1 следует изменить (в сторону увеличения).

14. Слаботочные зарядные устройства

Устройство можно практически без переделок использовать на иные зарядные токи, вплоть до 1 А. Для этого потребуется подбор резистора R1 и, при необходимости, использование радиатора для микросхемы DA1.

Зарядное устройство (см. рис. 14.22) питают выпрямленным напряжением 12 В [14.10]. Сопротивление токоограничительных резисторов рассчитывают по формуле: $R=U_{\text{ст}}/I$, где $U_{\text{ст}}$ — выходное напряжение стабилизатора; I — зарядный ток. В рассматриваемом случае $U_{\text{ст}}=1,25$ В; соответственно, сопротивление резисторов таково: $R1=1,25/0,025=50$ Ом, $R2=1,25/0,0125=100$ Ом. В расчетах не учтен ток собственного потребления микросхемы (см. выше), который может составлять 5...10 мА.

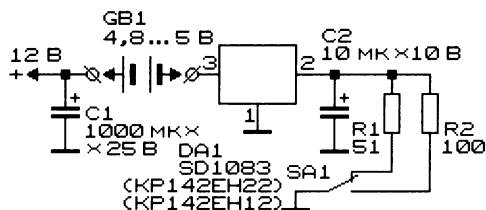


Рис. 14.22. Схема зарядного устройства со стабилизацией тока

В устройстве можно применить микросхемы типов SD1083, SD1084, ND1083 или ND1084.

Схема зарубежного зарядного устройства «BC-100» [14.11] приведена на рис. 14.23. Устройство позволяет одновременно заряжать 3 пары Ni-Cd аккумуляторов емкостью 450 мА·ч током 160...180 мА оказывается недопустимым. Ускоренный режим заряда выдерживают не все аккумуляторы, поэтому О. Долговым [14.11] было разработано более совершенное зарядное устройство, схема которого приведена на следующем рисунке (рис. 14.24).

Зарядное устройство «BC-100» не лишено недостатков. Заряд наиболее распространенных аккумуляторов емкостью 450 мА·ч током 160...180 мА оказывается недопустимым. Ускоренный режим заряда выдерживают не все аккумуляторы, поэтому О. Долговым [14.11] было разработано более совершенное зарядное устройство, схема которого приведена на следующем рисунке (рис. 14.24).

Сетевое напряжение, пониженное трансформатором Т1 до 10 В, выпрямляется диодами VD1 — VD4 и через токоограничивающий резистор R2 и составной транзистор VT2, VT3 поступает

14. Слаботочные зарядные устройства

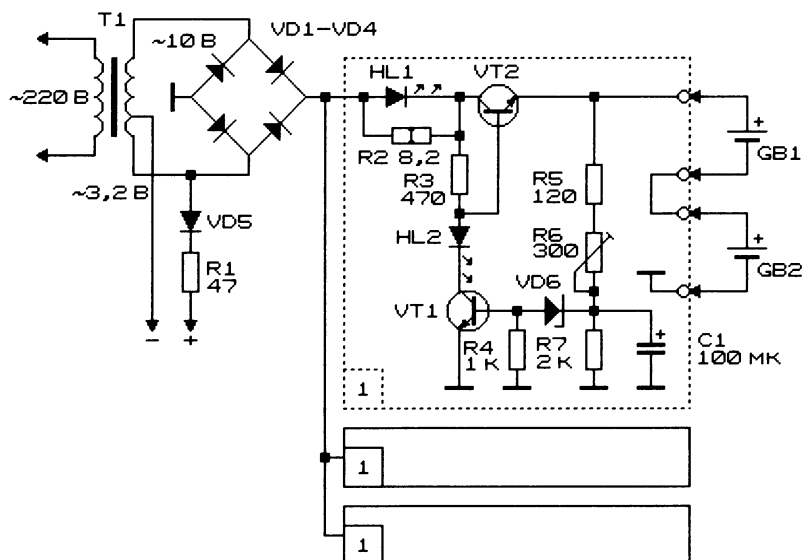


Рис. 14.23. Схема зарядного устройства «BC-100» для Ni-Cd аккумуляторов

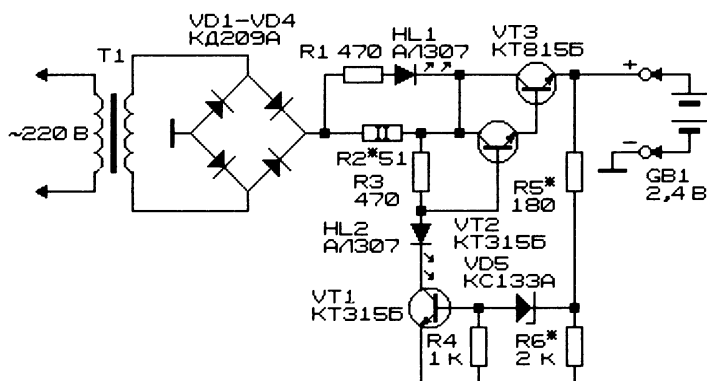


Рис. 14.24. Схема усовершенствованного зарядного устройства для Ni-Cd аккумуляторов

на заряжаемую батарею GB1. Светодиод HL1 индицирует наличие зарядного тока. Значение начального тока заряда определяется напряжением вторичной обмотки трансформатора и сопротивлением резистора R2. Но напряжения на выходе устройства

14. Слаботочные зарядные устройства

недостаточно для открывания стабилитрона VD5, поэтому транзистор VT1 закрыт, а составной транзистор открыт и находится в состоянии насыщения. При достижении напряжения на батарее аккумуляторов 2,7...2,8 В транзистор VT1 открывается, загорается светодиод HL2, и составной транзистор, закрываясь, уменьшает ток заряда.

Вторичная обмотка сетевого трансформатора должна быть рассчитана на напряжение 8...12 В и максимальный ток заряда с учетом всех одновременно заряжаемых аккумуляторов. Начальный ток заряда предлагаемого устройства — около 100 мА.

Налаживание устройства сводится к установке максимального тока заряда и выходного напряжения, при котором начинает светиться индикатор HL2. К выходу устройства через миллиамперметр подключают пару разряженных аккумуляторов и подбором резистора R2 устанавливают требуемый зарядный ток. Затем вывод эмиттера транзистора VT3 временно отключают от внешних цепей, подключают к выходу устройства пару полностью заряженных аккумуляторов (или другой источник напряжением 2,7...2,8 В) и подбором резисторов R5 и R6 добиваются свечения светодиода HL2. После этого восстанавливают разомкнутое соединение — и прибор готов к работе.

Для заряда никель-кадмиевых аккумуляторов В. Севастьянов использовал стабилизатор тока на основе интегральной микросхемы DA1 типа KP142EH1A (рис. 14.25) [14.12]. Величину зарядного тока регулируют грубо и плавно при помощи резисторов R3 и R4.

Сама микросхема может обеспечить номинальный выходной ток до 50 мА и максимальный — до 150 мА. При необходимости увеличить этот ток следует подключить транзисторный усилитель на составном транзисторе. Транзистор необходимо установить на радиаторе. В том варианте, что показан на рис. 14.25, устройство обеспечивает выходной регулируемый стабильный ток в пределах 3,5...250 мА.

Заряжаемые элементы подключают к устройству через диоды VD1 — VD3.

Для заряда аккумуляторов Д-0,06 суммарный зарядный ток задают в пределах 16...18 мА; заряд этим током производят

14. Слаботочные зарядные устройства

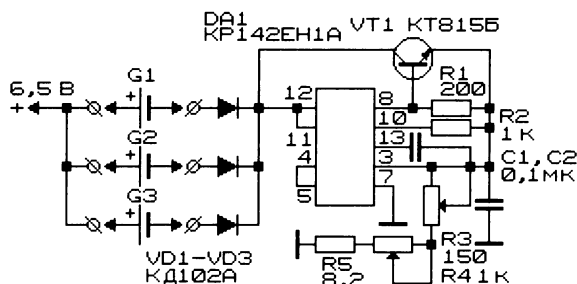


Рис. 14.25. Схема стабилизатора тока для заряда Ni-Cd аккумуляторов

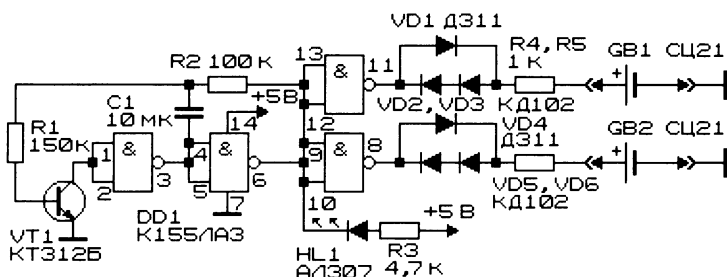


Рис. 14.26. Схема устройства для восстановления серебряно-цинковых элементов СЦ-21

6 часов, затем зарядный ток снижают вдвое и продолжают заряд еще 6 часов.

Для подзаряда серебряно-цинковых элементов *СЦ-21 В. Пицманом* [14.13] использована схема (рис. 14.26), в основе которой — задающий генератор на транзисторе и микросхеме *K155ЛАЗ*. К выводам 8 и 11 микросхемы *DA1* подключены диодные цепочки, образованные из последовательно включенных кремниевых диодов *КД102*, встречно-параллельно которым подключен германиевый диод *ДЗ10*.

Благодаря такому включению при попеременном появлении значений логического нуля и логической единицы на выходе микросхемы (т.е. подключении цепочки диодов к плюсовой или общей шине источника питания) происходит попеременная дозированная зарядка элементов GB1 и GB2 с последующим их разрядом. Величина зарядного тока превосходит ток разряда, что в итоге способствует восстановлению свойств элементов.

15. Слаботочные зарядные устройства с бестрансформаторным сетевым питанием

Зарядное устройство с сетевым питанием (рис. 15.1) предназначено для подзаряда элементов *СЦ-21* током 2,5...3 мА (время заряда 8...10 часов) или элементов *РЦ-31* током 6...8 мА [15.1].

Максимальное значение зарядного тока определяется емкостью гасящего конденсатора *С1* и составляет 16 мА, его можно уменьшить резистором *Р1*. Как и остальные подобные устройства с сетевым питанием, это зарядное устройство не изолировано от питающей сети, поэтому при работе с ним требуется повышенная осторожность.

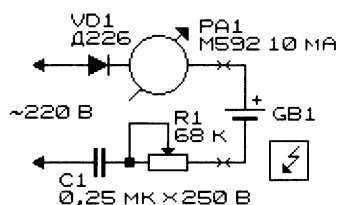


Рис. 15.1. Схема зарядного устройства с сетевым питанием

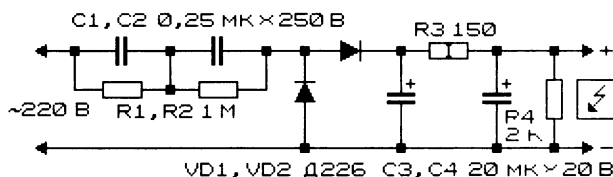


Рис. 15.2. Схема выпрямителя для подзаряда элементов и батарей

Схема, предложенная *Е. Гумелей* (рис. 15.2), не имеет понижающего трансформатора и питается от сети переменного тока 220 В [15.2]. Конденсаторы *С1* и *С2* должны выдерживать напряжение 250 В. Они могут быть заменены резисторами с суммарным сопротивлением 24 кОм и мощностью не менее 2 Вт. Схема предназначена для подзарядки батарей, частично разряженных, но не более чем до напряжения 1,1 В на один элемент, так как подзаряд с помощью такой схемы предусматривает

15. Зарядные устройства с сетевым питанием

восстановление только положительного электрода путем окисления $MnOOH$ в MnO_2 . Выпрямитель может быть использован для подзаряда элементов и батарей типа КБС, «Крона» и др. Выход устройства не изолирован от питающей сети.

Выпрямитель *Б. М. Плоткина* предназначен для заряда герметичных дисковых и цилиндрических никель-кадмиевых аккумуляторов током 12, 25 и 50 мА (рис. 15.3) [15.2].

Изменением емкости гасящего конденсатора можно устанавливать максимальный ток на выходе выпрямителя. Увеличение емкости конденсатора в целое число раз обеспечивает пропорциональное увеличение тока. В выпрямителе не допускается применять электролитические конденсаторы, поскольку они не работают в цепях переменного тока.

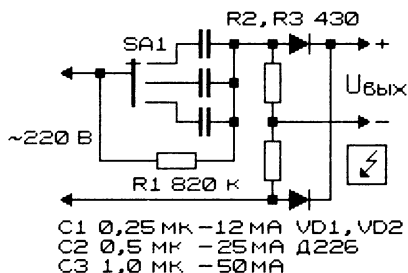


Рис. 15.3. Схема выпрямителя для заряда никель-кадмиевых аккумуляторов

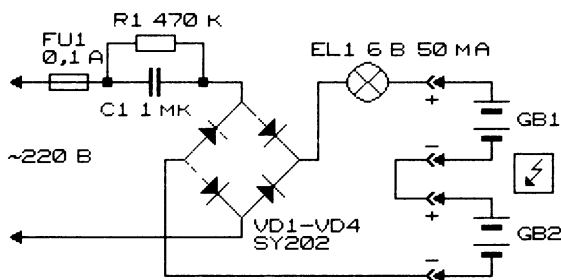


Рис. 15.4. Схема бестрансформаторного зарядного устройства

Зарядное устройство (рис. 15.4) содержит выпрямитель с гасящим конденсатором $C1$ [15.3]. Стабильный зарядный ток через элементы $GB1, GB2$ обеспечивает лампа накаливания $EL1$. При

15. Зарядные устройства с сетевым питанием

напряжении заряда 4...20 В зарядный ток поддерживается неизменным на уровне 35 мА. Следует отметить, что для обеспечения такого зарядного тока емкость гасящего конденсатора не должна превышать 0,5 мкФ.

Большим недостатком схемы является ее непосредственная связь с электрической сетью. При работе с устройством необходимо полностью исключить возможность прикосновения к элементам схемы, особенно при смене заряжаемых элементов.

Для заряда батареи аккумуляторного фонарика (три элемента по 1,2...1,4 В) предназначено устройство (рис. 15.5), которое позволяет исключить их перезаряд [15.4].

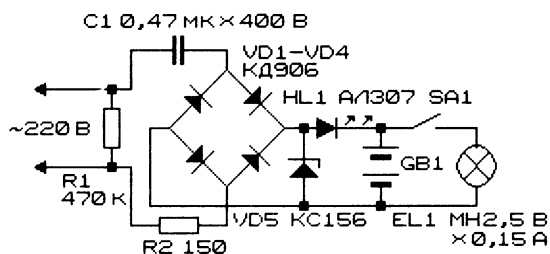


Рис. 15.5. Схема зарядного устройства для батареи аккумуляторного фонарика с защитой от перезаряда

Стабилитрон VD5 типа KC156 ограничивает предельное напряжение на батарее. Светодиод HL1 гасит на себе избыток напряжения и одновременно служит индикатором конца зарядки — начинает неярко светиться.

Разделительный конденсатор C1 типа K73-17 при емкости 0,47 мкФ обеспечивает зарядный ток 30...35 мА; при емкости 0,22 мкФ — до 15 мА.

В качестве диодов VD1 — VD4 можно использовать более доступные элементы, например, типа КД102Б.

Зарядное устройство-автомат (рис. 15.6) прекращает процесс заряда аккумулятора по достижении на его выводах напряжения 9,45 В [15.5].

Устройство состоит из однополупериодного выпрямителя на диоде VD1, электронного ключа на транзисторе VT1 и диоде VD3 и порогового устройства на тиристоре VS1.

15. Зарядные устройства с сетевым питанием

Пока аккумулятор заряжается, и напряжение на нем ниже номинального, тиристор VS1 закрыт. Как только напряжение на аккумуляторе возрастает до номинального, тиристор открывается. Зажигается сигнальная лампа и одновременно закрывается транзистор VT1. Зарядка аккумулятора прекращается. Порог срабатывания автомата зависит от сопротивления резистора R4.

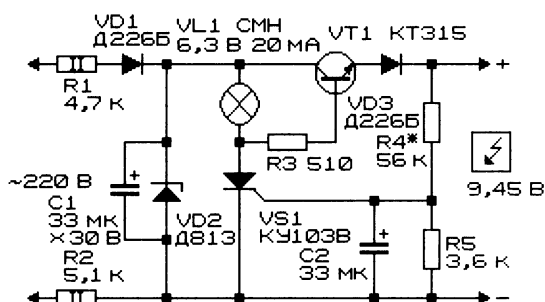


Рис. 15.6. Схема автоматического зарядного устройства для аккумулятора 7Д-01

Налаживают устройство при подключенном аккумуляторе и контрольном вольтметре постоянного тока. При напряжении 9,45 В на выводах аккумулятора подбором резистора R4 добиваются зажигания сигнальной лампы.

Резисторы R1 и R2, которые греются в процессе работы, можно заменить последовательной цепочкой из гасящего конденсатора емкостью 0,22 (0,25) мкФ на 300 В и резистора сопротивлением 51...100 Ом. Конденсатор включают вместо резистора R1, а между точкой его соединения с диодом VD1 и анодом стабилитрона VD2 включают дополнительный диод Д226Б (анодом к аноду стабилитрона).

Бестрансформаторные источники питания с гасящим конденсатором позволяют обеспечить достаточно высокую мощность и напряжение в нагрузке, однако они не лишены одного, но очень существенного недостатка: их выход электрически не изолирован от питающей сети, а потому работа с такими устройствами сопряжена с повышенной опасностью.

Довольно оригинально разрешить проблему создания бестрансформаторного источника питания с применением гасящего

15. Зарядные устройства с сетевым питанием

конденсатора удалось *И. А. Нечаеву* [15.6], который использовал оптоэлектронный преобразователь напряжения для развязки входных и выходных цепей (рис. 15.7).

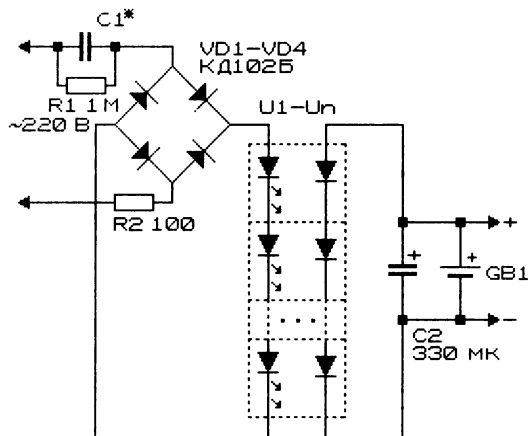


Рис. 15.7. Схема оптоэлектронного преобразователя с сетевым питанием

Преобразователь может быть использован для питания электронно-механических или электронно-кварцевых часов, быть дублиром их штатного источника питания — батареи или аккумулятора, а также использоваться для их подзарядки. Четырехэлементный оптронный преобразователь напряжения на аналогах оптронов (парах *АЛ107Б-ФД256*) способен обеспечить выходное напряжение порядка $0,5\text{ В}$ при токе нагрузки до $0,4...0,5\text{ мА}$. Для этого емкость конденсатора $C1$, рассчитанного на напряжение не ниже 400 В , должна быть не менее $0,75...1,0\text{ мкФ}$.

Аналогом первичной обмотки трансформатора является цепочка последовательно включенных светодиодов оптронных пар. В качестве аналога вторичной (выходной) обмотки трансформатора выступает цепочка последовательно включенных фотодиодов. Они работают в режиме генерации фото-ЭДС. Стоит отметить, что *КПД* устройства невелик, поскольку *КПД* оптронной пары редко достигает 1% . Повысить выходное напряжение преобразователя можно за счет наращивания числа оптронных пар в цепочке. Увеличить выходной ток устройства можно за счет параллельного включения нескольких цепочек оптронов.

15. Зарядные устройства с сетевым питанием

Фотодиоды подключены параллельно накопительному конденсатору C2. На первый взгляд может показаться, что конденсатор разрядится на эти фотодиоды, поскольку они подключены в конденсатору в «прямом» направлении. Однако это не так: для того чтобы через фотодиоды протекал заметный ток, необходимо, чтобы падение напряжения на его полупроводниковом переходе составляло доли вольта. Легко заметить, что для цепочки из нескольких последовательно включенных диодов для этого необходимо напряжение, также в несколько раз большее, т.е. уже несколько вольт.

Взамен диодных оптронов могут быть использованы дискретные элементы: обычные светодиоды и фотодиоды.

Дополнив устройство, питаемое от батареи, например приемник «Селга», разъемом для соединения с сетевым ЗУ и переключателем SA1 «Радиоприем — Заряд», аккумулятор 7Д-0,125Д можно подзаряжать, не извлекая из корпуса приемника [15.7].

Сетевое ЗУ промышленного производства было доработано Н. Ващенко (рис. 15.8) с использованием резисторов R1, R2 и диода VD1.

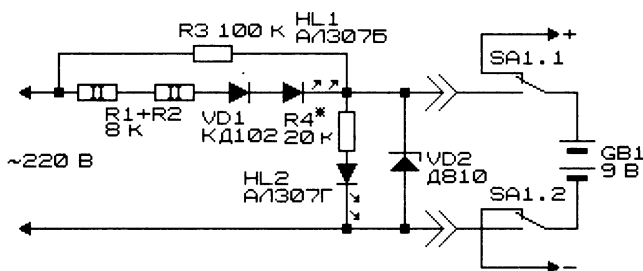


Рис. 15.8. Схема зарядного устройства с сетевым питанием

Когда доработанное ЗУ соединяют с приемником, зеленое свечение светодиода HL2 (переключатель SA1 — в положении «Заряд») указывает, что цепь заряда исправна, а при подключении ЗУ к сети красное свечение дополнительного светодиода HL1 свидетельствует, что аккумуляторная батарея заряжается. Когда же есть зеленое свечение, а красного нет, — напряжение в сети отсутствует. Такой режим заряда батареи 7Д-0,125Д крайне нежелателен, но там где он неизбежен — следует предусмотреть

15. Зарядные устройства с сетевым питанием

защиту от перезаряда. Для этого параллельно батарее включают стабилитрон VD2 с напряжением стабилизации 9,9 В при токе 10...12 мА. Подзаряжать батарею нужно через каждые 3...4 ч работы приемника (при средней громкости). Продолжительность заряда батареи — в 2...3 раза больше.

Резистор R4 подбирают по минимальной яркости свечения светодиода HL2. Вместо Д810 допустимо применить стабилитроны Д814Б или Д814Г, их аналоги, а также цепочки КС133А+КС162А или 2хКС147А, подбирая их на указанное напряжение.

Для автоматической зарядки аккумуляторов резервного питания или освещения во время отключения сети 220 В предназначено устройство (рис. 15.9) [15.8], которое позволяет поддерживать аккумуляторы постоянно заряженными.

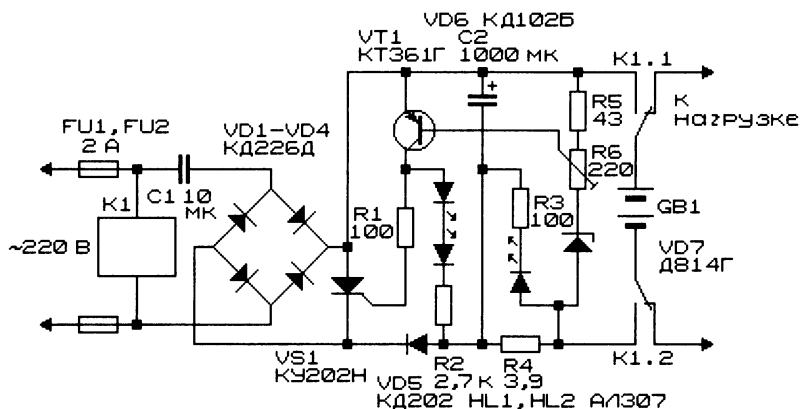


Рис. 15.9. Схема автоматического зарядного устройства

При наличии напряжения в сети 220 В устройство постоянно подключено параллельно аккумулятору и представляет собой ключевой стабилизатор напряжения со стабильным током на выходе. Ток заряда (I_3) зависит от емкости конденсатора C1 и при 10 мкФ равен 0,7 А. Ток выбирается из условия: $I_3 (24 \text{ часа}) > 2I_n t_n$, где I_n — ток потребления, А; t_n — количество часов в сутки работы потребителя от аккумуляторов.

Если ток заряда из этого условия больше, чем максимальный зарядный для конкретного аккумулятора, его нужно заменить на аккумулятор большей емкости.

15. Зарядные устройства с сетевым питанием

При токе заряда больше 1 А диоды VD1 — VD4 следует заменить на более мощные, а VD5 и VS1 установить на теплоотводы и пропорционально скорректировать сопротивление резистора R4.

Если скорость переключения на резервное питание не актуальна, например, при освещении комнаты, реле можно исключить, а на выходе установить переключатель.

Настройка устройства сводится к установке конечного напряжения заряда на аккумуляторе резистором R6 таким образом, чтобы на протяжении месяца не приходилось доливать воду в электролит, а его плотность соответствовала степени заряженности не менее 70% емкости. Это напряжение можно определить для конкретного аккумулятора следующим образом. Заряжают аккумулятор до полной емкости любым способом, дают ему постоять около 1 ч для выравнивания потенциала на электродах. После этого измеряют напряжение на клеммах без нагрузки. Это и есть напряжение, которое устанавливают резистором R6 с отключенным от устройства аккумулятором. Подключают аккумулятор к устройству, и оно готово к работе.

Конденсатор C1 бумажный или металлобумажный на напряжение не ниже 400 В. Реле K1 — РПУ, МКУ-48 или аналогичное на 220 В. Светодиод HL1 индицирует окончание заряда, HL2 — наличие тока заряда.

16. Зарядные устройства повышенной мощности

Простейшее зарядное устройство для автомобильных, тракторных и мотоциклетных аккумуляторных батарей обычно состоит из понижающего трансформатора и подключенного к его вторичной обмотке выпрямителя. Последовательно с батареей включают регулятор тока — мощный проволочный реостат, транзисторный или тиристорный стабилизатор тока. На всех этих элементах выделяется значительная тепловая мощность, что снижает *КПД* зарядного устройства и увеличивает вероятность возникновения пожара.

В основу работы устройства [16.1], предназначенного для восстановления 100% работоспособности засульфатированных аккумуляторных батарей, положена идея, защищенная а. с. 372599 СССР, см. также [16.2]. Для восстановления батарей предложено заряжать их асимметричным током при соотношении величин прямого и обратного тока 10:1 и времени протекания тока в прямом и обратном направлении 1:2 в течение 1...2 суток.

Входное напряжение должно вдвое превышать напряжение заряжаемого аккумулятора.

В схеме (рис. 16.1) использован однополупериодный выпрямитель, который работает на встречную ЭДС и обеспечивает в зарядной цепи пульсирующий ток с соотношением ток/пауза примерно 1:2, постоянная составляющая которого по амперметру РА1 устанавливается равной рекомендуемому для аккумулятора зарядному току. Наличие разрядного резистора (лампа накаливания) обеспечивает обратный ток, в 10 раз меньший зарядного.

Об эффективности заряда можно судить по напряжению на аккумуляторе: у засульфатированного аккумулятора из 6-ти банок конечное напряжение при заряде составит менее 15 В (при температуре электролита около 15°C), а у исправного — 15,8...16,2 В.

Стоит отметить, что автор устройства [16.1] для его питания использовал ток не совсем синусоидальной формы, поскольку

16. Зарядные устройства повышенной мощности

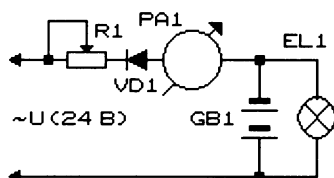


Рис. 16.1. Схема выпрямителя для восстановления работоспособности аккумуляторных батарей

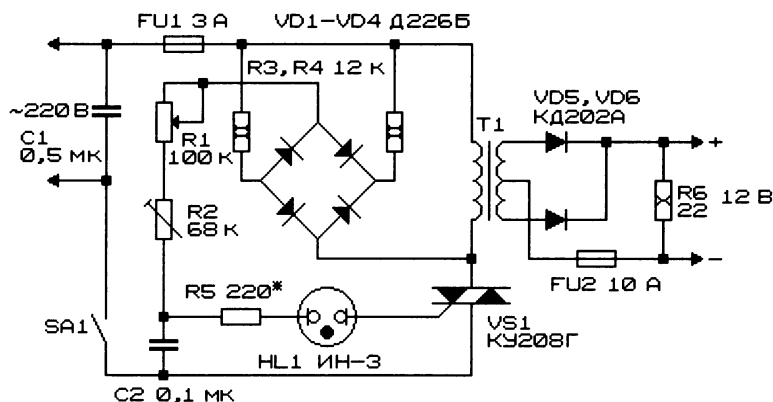


Рис. 16.2. Схема зарядного устройства для стартерных аккумуляторных батарей

понижающий трансформатор работал с вынужденным подмагничиванием.

Зарядное устройство *Н. Таланова* и *В. Фомина* (рис. 16.2) имеет широкие пределы регулирования зарядного тока — практически от нуля до 10 А — и может быть использовано для заряда аккумуляторов, рассчитанных на напряжение 12 В [16.3].

В устройстве использован симисторный регулятор *В. Фомина* с дополнительно введенным маломощным диодным мостом VD1 — VD4 и резисторами R3 и R4. После подключения устройства к сети при плюсовом ее полупериоде (плюс на верхнем по схеме проводе) начинает заряжаться конденсатор C2 через резистор R3, диод VD1 и последовательно соединенные резисторы R1 и R2. При минусовом полупериоде сети этот конденсатор заряжается через те же резисторы R2 и R1, диод VD2 и резистор R4. В

16. Зарядные устройства повышенной мощности

обоих случаях конденсатор заряжается до одного и того же напряжения, меняется только его полярность.

Как только напряжение на конденсаторе достигнет порога зажигания неоновой лампы HL1, она зажигается, и конденсатор быстро разряжается через лампу и управляющий электрод симистора VS1. При этом симистор открывается. В конце полупериода симистор закрывается. Описанный процесс повторяется в каждом полупериоде напряжения сети.

Общеизвестно, например из [16.1], что управление тиристором посредством короткого импульса имеет тот недостаток, что при индуктивной или высокоомной активной нагрузке анодный ток прибора может не успеть достигнуть значения тока удержания за время действия управляющего импульса. Одной из мер по устранению этого недостатка является включение параллельно нагрузке резистора.

В описываемом зарядном устройстве после включения симистора VS1 его основной ток протекает не только через первичную обмотку трансформатора Т1, но и через один из резисторов — R3 или R4, которые в зависимости от полярности сетевого напряжения поочередно подключаются параллельно первичной обмотке трансформатора диодами VD4 и VD3 соответственно.

Этой же цели служит и мощный резистор R6, являющийся нагрузкой выпрямителя VD5 и VD6. Резистор R6, кроме того, формирует импульсы разрядного тока, которые, как утверждается в [16.4], продлевают срок службы батареи.

Трансформатор Т1 можно изготовить на базе лабораторного трансформатора ЛАТР-2М, изолировав его обмотку (она будет первичной) тремя слоями лакоткани и намотав вторичную обмотку, состоящую из 80 витков провода сечением не менее 3 мм^2 , с отводом от середины.

Конденсаторы С1 и С2 — МБМ или другие на напряжение не менее 400 и 160 В соответственно. Неоновая лампа HL1 — ИН-3, ИН-3А с одинаковыми по конструкции и размерам электродами для обеспечения симметричности импульсов тока через первичную обмотку трансформатора.

Диоды КД202А заменимы на Д242, Д242А или другие со средним прямым током не менее 5 А. Диод размещают на

16. Зарядные устройства повышенной мощности

дюралюминиевой теплоотводящей пластине с площадью поверхности не менее 120 см^2 . Симистор — на теплоотводящей пластине примерно вдвое меньшей площади. Резистор R6 типа *ПЭВ-10*; его можно заменить пятью параллельно соединенными резисторами *МЛТ-2* сопротивлением 110 Ом . Вместо резистора R6 можно установить лампу накаливания на напряжение 12 В мощностью 10 Вт . Она индицировала бы подключение зарядного устройства к аккумуляторной батарее и, одновременно, освещала бы рабочее место.

Цепи зарядного тока необходимо выполнять проводом марки *МГШВ* сечением $2,5 \dots 3 \text{ мм}^2$.

При налаживании устройства сначала устанавливают требуемый предел зарядного тока (но не более 10 А) резистором R2. Для этого к выходу устройства через амперметр на 10 А подключают батарею аккумуляторов, строго соблюдая полярность. Движок резистора R1 переводят в крайнее верхнее по схеме положение, а резистора R2 — в крайнее нижнее, и включают устройство в сеть. Необходимое значение максимального зарядного тока устанавливают перемещением движка резистора R2.

В процессе заряда ток через батарею изменяется, уменьшаясь примерно на 20% . Поэтому перед процессом заряда устанавливают начальный ток батареи несколько большим номинального значения (примерно на 10%). Окончание заряда определяют по плотности электролита или вольтметром — напряжение отключенной батареи должно быть в пределах $13,8 \dots 14,2 \text{ В}$.

Для заряда свинцово-кислотных аккумуляторных батарей емкостью $9 \dots 14 \text{ А-ч}$, а также для проведения циклов «заряд-разряд», необходимых для восстановления умеренно засульфатированных аккумуляторов и профилактики исправных, разработано специальное устройство [16.5].

Основой устройства является стабилизатор тока на составном транзисторе (VT1, VT2) с резистором R1 в эмиттерной цепи (рис. 16.3). В базовой цепи включен полевой транзистор VT3, который задает *ВАХ* стабилизатора тока. Потенциометром R5 устанавливают зарядный ток. Германиевые диоды VD2, VD3 служат для его термостабилизации. Подробно стабилизатор тока описан в статье [16.6].

16. Зарядные устройства повышенной мощности

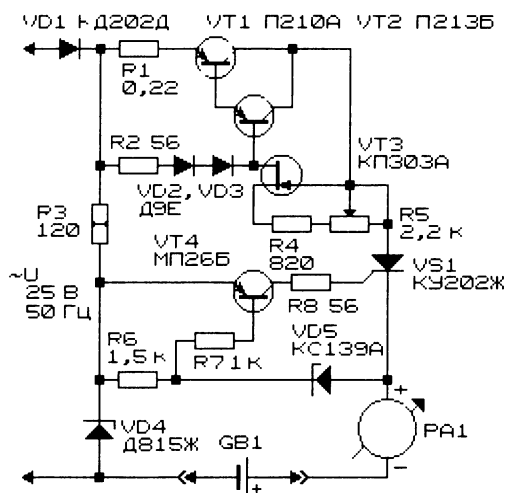


Рис. 16.3. Схема устройства для заряда свинцово-кислотных аккумуляторных батарей емкостью 9...14 А·ч

Для восстановления батареи необходимо заряжать ее импульсами тока; в промежутках между импульсами она разряжается через специальный резистор, подключаемый параллельно батарее GB1. Разрядный ток при этом меньше зарядного в 10 раз, а по длительности в 2 раза больше [16.7]. Импульсы зарядного тока формируются схемой сравнения напряжения VT4, VD5 и тиристором VS1. Стабилитрон VD4 ограничивает напряжение до 18 В (т.е. до половины амплитудного) после выпрямительного диода VD1. При достижении на аккумуляторной батарее ЭДС около 14 В стабилитрон VD5 закрывается, вызывая запирающее действие на транзистор VT4 и тиристор VS1. Так осуществляется автоматическое прекращение процесса заряда, но при условии, что к аккумуляторной батарее не был подключен разрядный резистор. Измерительный прибор PA1 регистрирует средний зарядный ток, который в 3 раза меньше истинного зарядного. При подключении разрядного резистора ток следует увеличить на 10%.

Питание устройства осуществляется от трансформатора мощностью 50 Вт. Резистор R1 изготовлен из отрезка манганинового провода диаметром 0,51 мм или из другого материала с высоким удельным сопротивлением. Переменный резистор R5 — проволочный. Измерительный прибор PA1 со шкалой на 1 А.

16. Зарядные устройства повышенной мощности

Транзисторы VT1, VT2 и тиристор VS1 установлены на алюминиевой пластине толщиной 3 мм и размерами 80x100 мм, выполняющей роль теплоотвода. Диоды VD2, VD3 должны иметь тепловой контакт с корпусами транзисторов VT1, VT2.

Импульс зарядного тока, его длительность и паузу контролируют осциллографом на резисторе R1.

Принципиальная схема бестрансформаторного двухполупериодного выпрямителя по мостовой схеме для заряда аккумуляторных батарей показана на рис. 16.4 [16.8].

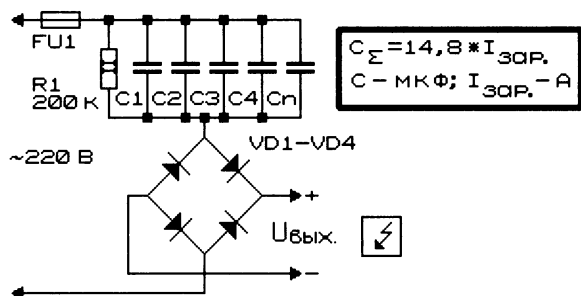


Рис. 16.4. Схема выпрямителя для заряда аккумуляторных батарей

Емкость C гасящих конденсаторов может быть определена как: $3250 \times I_{\text{з}} / U_{\text{с}}$ (мкФ), где $I_{\text{з}}$ — зарядный ток, А, $U_{\text{с}}$ — напряжение сети, В.

Так, для получения зарядного тока 2 А при напряжении сети 220 В емкость батареи конденсаторов составит $3250 \times 2 / 220 = 32$ мкФ. Поскольку сейчас повсеместно используется сеть с напряжением 220 В, расчетное выражение упрощается: C (мкФ) = $14,8 \times I_{\text{з}}$ (А).

Стоит напомнить, что для бестрансформаторных выпрямителей использовать электролитические конденсаторы нельзя, так как при прохождении переменного тока через полярные конденсаторы происходит разложение электролита, сопровождаемое обильным газовыделением, что вызывает взрыв конденсатора.

В таких выпрямителях обычно используют бумажные конденсаторы типа КБГ, МБГП, МБГЧ, МБГО и т.д.

Выпрямитель по схеме на рис. 16.5 [16.8] имеет емкостный делитель, образованный конденсаторами C1 — C5, включение и

16. Зарядные устройства повышенной мощности

выключение которых производится соответствующими тумблерами. Этим изменяется величина выпрямленного тока. Для предохранения диодов выпрямителя от пробоя при включении и выключении прибора и улучшения его выходной характеристики в схеме имеется дроссель L1. Неоновая лампа и резистивные цепи на входе выпрямителя служат для индикации включения, а также для разряда конденсаторов после выключения выпрямителя. Выходная мощность устройства может достигать 500 Вт. Диоды выпрямителя выбирают в зависимости от тока нагрузки.

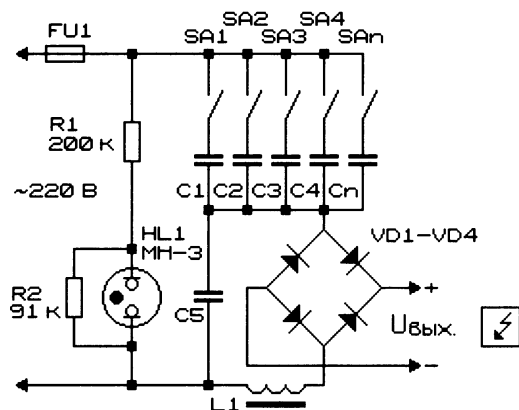


Рис. 16.5. Схема выпрямителя для заряда аккумуляторов

В случае, когда аккумулятор длительное время хранится без дела, он в результате естественного саморазряда и сульфатации пластин приходит в негодность.

Для того чтобы длительное хранение не приводило к порче аккумуляторной батареи, ее нужно постоянно поддерживать в заряженном состоянии [16.9]. Заводы изготовители рекомендуют заряжать аккумуляторы током, равным 0,1 от номинальной емкости (т.е. для 6СТ-55 ток заряда будет 5,5 А), но это годится только для быстрого заряда «посаженной» батареи. Как показывает практика, для подзарядки аккумулятора в процессе длительного хранения требуется небольшой ток, около 0,1...0,3 А (для 6СТ-55). Если хранящийся аккумулятор периодически, примерно раз в месяц, ставить на такую подзарядку на 2...3 дня, то можно быть уверенным в том, что он в любой момент будет готов к эксплуатации даже через несколько лет такого хранения.

16. Зарядные устройства повышенной мощности

На рис. 16.6 показана схема «подзаряжающего» устройства — бестрансформаторного источника питания, выдающего постоянное напряжение 14,4 В при токе до 0,3 А [16.9]. Источник построен по схеме параметрического стабилизатора с емкостным балластным сопротивлением. Напряжение от сети поступает на мостовой выпрямитель VD1 — VD4 через конденсатор C1. На выходе выпрямителя включен стабилитрон VD5 на 14,4 В. Конденсатор C1 ограничивает ток до величины не более 0,3 А. Конденсатор C2 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. Аккумуляторная батарея подключается параллельно стабилитрону VD5.

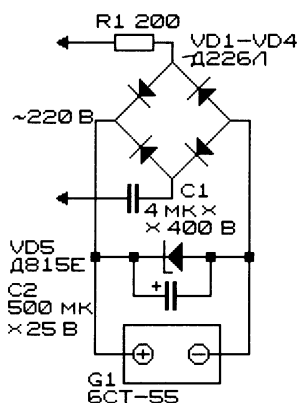


Рис. 16.6. Схема устройства для подзарядки аккумуляторных батарей

При саморазряде батареи до напряжения ниже 14,4 В начинается ее «мягкий» заряд малым током. Величина этого тока находится в обратной зависимости от напряжения на аккумуляторе, но в любом случае даже при коротком замыкании не превышает 0,3 А. При заряде батареи до напряжения 14,4 В процесс прекращается.

При эксплуатации устройства нужно соблюдать правила безопасности при работе с электроустановками.

Простое зарядное устройство для заряда автомобильных или тракторных аккумуляторов (рис. 16.7) [16.10] выгодно отличается повышенной безопасностью в эксплуатации по сравнению с бестрансформаторными аналогами. Однако его трансформатор

16. Зарядные устройства повышенной мощности

довольно сложен: для регулировки зарядного тока он имеет множество отводов.

Регулировка тока заряда производится галетным переключателем S1 за счет изменения числа витков первичной обмотки. Выпрямитель обеспечивает ток заряда 10...15 А.

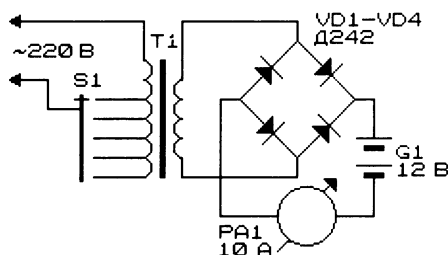


Рис. 16.7. Схема устройства для заряда автомобильных или тракторных аккумуляторов током 10...15 А

Трансформатор T1 — любой с габаритной мощностью не менее 400 Вт.

Первичная обмотка содержит 369+50+50+50+50 витков провода диаметром 0,7 мм. Вторичная обмотка содержит 38 витков провода диаметром 3 мм. Диоды выпрямительного моста VD1 — VD4 — любые с допустимым прямым током не менее 10 А, они установлены на радиатор площадью примерно 100 см². В цепь нагрузки включен амперметр PA1 с пределом измерения 20 А.

Соблюдение режима эксплуатации и, в частности, режима заряда аккумуляторов гарантирует их безотказную работу. Заряд аккумуляторов необходимо производить током, который определяется по формулам [16.11]:

$I = Q/10$ — для кислотных аккумуляторов,

$I = Q/4$ — для щелочных аккумуляторов,

где: Q — паспортная емкость аккумулятора, А-ч, I — средний зарядный ток, А.

Кислотные аккумуляторы особенно чувствительны к отклонению параметров заряда от номинальных. Установлено, что заряд чрезмерно большим током приводит к деформации пластин и даже к их разрушению. Зарядный ток, рекомендуемый в инструкции по эксплуатации аккумуляторной батареи, обеспечивает

16. Зарядные устройства повышенной мощности

оптимальное протекание электрохимических процессов в аккумуляторе и нормальную его работу в течение длительного времени.

Степень заряженности аккумулятора можно контролировать по плотности электролита и напряжению (для кислотных аккумуляторов) или только по напряжению (для щелочных аккумуляторов). Окончание процесса заряда кислотного аккумулятора характеризуется установлением напряжения на одном элементе батареи, равного 2,5...2,6 В.

Кислотные аккумуляторы чувствительны к недозарядам и перезарядам, поэтому следует своевременно заканчивать заряд.

Щелочные аккумуляторы менее критичны к режиму эксплуатации. Для них окончание заряда характеризуется установлением на одном элементе батареи аккумуляторов постоянного напряжения 1,4...1,5 В.

Для регулировки зарядного тока можно использовать магазин конденсаторов, включенный последовательно с первичной обмоткой трансформатора и выполняющий функцию гасящего сопротивления [16.11]. Подобное устройство описано в статье [16.12]. Здесь тепловая (активная) мощность выделяется лишь на диодах выпрямительного моста и в трансформаторе. В этом устройстве ток заряда аккумулятора поддерживается на определенном уровне: в процессе заряда напряжение на аккумуляторе увеличивается, а ток через него стремится уменьшиться. Но при этом возрастает приведенное сопротивление первичной обмотки трансформатора Т1, падение напряжения на ней увеличивается, и ток через аккумулятор меняется мало.

Наибольшее значение тока через аккумулятор при заданной емкости конденсатора С будет при равенстве падений напряжения на конденсаторе и первичной обмотке трансформатора. Ее следует рассчитывать на полное напряжение сети — для большей надежности устройства и возможности применения готовых силовых трансформаторов. Вторичную обмотку следует рассчитывать на напряжение в 1,5 раза большее номинального напряжения нагрузки.

При изготовлении устройства желательно предусмотреть возможность его автоматического отключения от сети при обрыве цепи нагрузки, так как ненагруженный трансформатор вместе с конденсатором составят колебательный контур, в котором

16. Зарядные устройства повышенной мощности

возникнет резонанс, при этом конденсатор и трансформатор могут выйти из строя.

Зарядное устройство (рис. 16.8) обеспечивает заряд 12-вольтовых аккумуляторных батарей током до 15 А [16.11]. Ток заряда можно менять ступенями через 1 А. Предусмотрена возможность автоматического выключения устройства когда аккумулятор полностью зарядится. Устройство не боится кратковременных замыканий в цепи нагрузки и обрывов в ней. Магазин конденсаторов состоит из конденсаторов С1 — С4, суммарная емкость которых 37,5 мкФ. Переключателями SA2 — SA5 можно подключать различные комбинации конденсаторов и менять величину зарядного тока. Так, например, для получения тока 11 А необходимо замкнуть переключатели SA2, SA3 и SA5.

Приборы PA1 и PU1 — типа М5-2, рассчитанные соответственно на 30 А и 30 В. Реле К1 типа РС-13, паспорт РС4.523.029. Контакты К1.1 образованы тремя группами параллельно соединенных контактов. Возможно применение реле типа МКУ-48 на переменное напряжение 220 В. Тогда надобность в выпрямителе VD1, С5 отпадает. Реле К2 типа РЭС-15, паспорт РС4.591.003. Диоды Д305 установлены через слюдяные прокладки на общем радиаторе с поверхностью охлаждения 300 см². Трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе Ш32х100. Обмотка I содержит 320 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1,16 мм, обмотка II — 34 витка ПЭВ-2 диаметром 2,46 мм. Намотку можно вести также несколькими проводами меньшего диаметра.

Для заряда аккумуляторов большим током в последнее время используют и современную элементную базу с применением специализированных микросхем, а также полевых МОП-транзисторов с минимальным сопротивлением открытого канала (десятые-сотые доли Ом). Примеры таких устройств приведены ниже.

Портативное устройство, предназначенное для зарядки литиевых (ионно-литиевых) батарей пульсирующим током, показано на рис. 16.9 [16.13]. Автоматизированное зарядное устройство выполнено на основе специализированной микросхемы фирмы MAXIM — MAX1679. Питание зарядное устройство получает от сетевого адаптера, способного выдавать напряжение 6 В при токе до 800 мА. Для защиты схемы от неправильного подключения предназначен диод VD1 — диод Шотки, — рассчитанный на

16. Зарядные устройства повышенной мощности

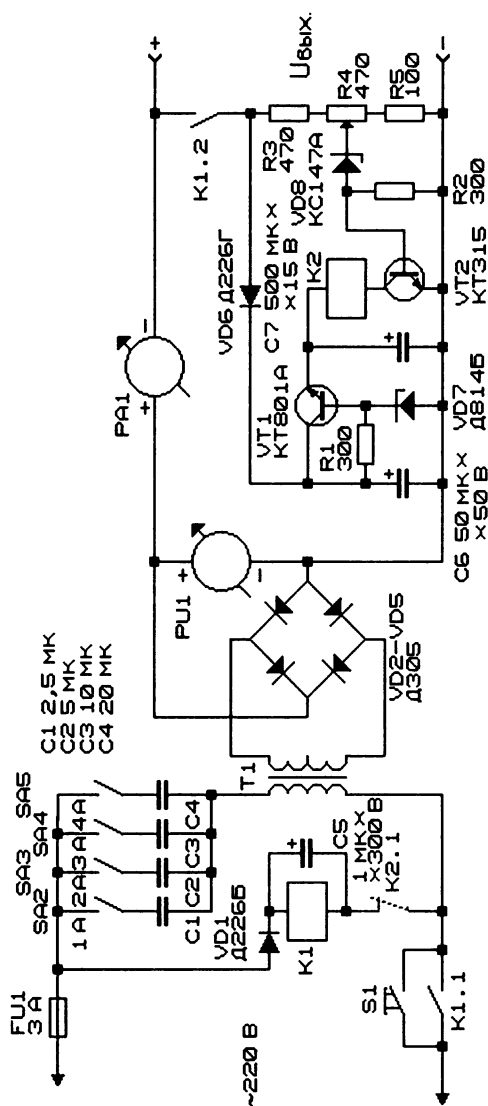


Рис. 16.8. Схема устройства для заряда 12-вольтовых аккумуляторных батарей током от 1 до 15 А

16. Зарядные устройства повышенной мощности

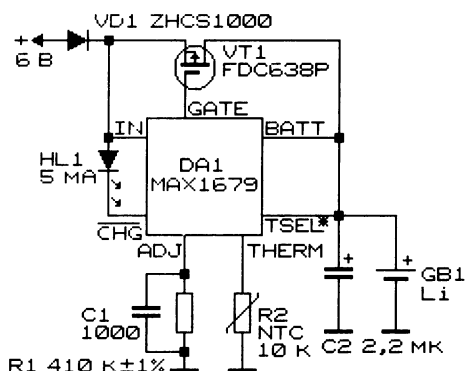


Рис. 16.9. Схема зарядного устройства для ионно-литиевых батарей на основе микросхемы MAX1679

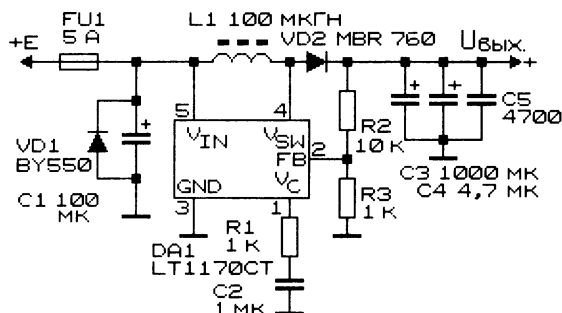


Рис. 16.10. Схема повышающего преобразователя для заряда 13,8 В аккумуляторной батареи УКВ-радиостанции от бортовой сети автомобиля

прямой ток 1 А при максимальном обратном напряжении 30 В. Светодиод HL1 предназначен для индикации работы зарядного устройства.

Для повышения стабильности работы устройства при изменении температуры окружающей среды в пределах от 0 до 50°C использован термистор R2 типа *NTC FENWAL 140-103LAG-RBI*, имеющий сопротивление 10 кОм при температуре 25°C.

Напряжение ионно-литиевого элемента составляет 2,5 В на элемент.

Простое зарядное устройство [16.14], предназначенное для подзарядки аккумулятора напряжением 13,8 В от бортовой сети

16. Зарядные устройства повышенной мощности

автомобиля (около 12 В), выполнено на основе повышающего преобразователя напряжения на основе микросхемы *LT1170CT* (рис. 16.10). Микросхема вырабатывает импульсы частотой 100 кГц. Эти импульсы поступают на внутренний ключевой каскад микросхемы (его выход — вывод 4). Цепочка из резистивного делителя R2, R3 предназначена для отслеживания колебаний выходного напряжения и организации следящей обратной связи по напряжению (вывод 2 микросхемы). Выходное напряжение регулируют подбором именно этих резисторов. Выпрямитель преобразователя выполнен на диоде VD2 — диоде Шотки типа *MBR760* (прямой ток до 5 А).

Зарядный ток аккумулятора — до 2 А. КПД преобразователя достигает 90%.

17. Расчет разрядных характеристик элементов питания

Прогноз характера поведения элементов питания при эксплуатации радиоэлектронных устройств позволяет правильно оценить оптимальный срок использования комплекта батарей, предупредить возможный или внезапный отказ техники, обосновать выбор элементов питания в проектируемых устройствах [17.1].

В литературе разрядные характеристики элементов питания традиционно приводят в табулированном или графическом представлении — в виде набора экспериментальных кривых [17.2 — 17.4], что не позволяет определить поведение элементов питания для других значений разрядного тока.

Приводимые ниже уравнения [17.1] для аналитического представления характеристик разряда гальванических элементов, хотя и не имеют строгого теоретического обоснования, позволяют с достаточной степенью приближения описывать реальные процессы разряда элементов питания при различных разрядных токах и массе элементов питания.

Уравнение (1) описывает динамику разряда марганцево-цинковых элементов цилиндрической формы, например, элементов типа 316, 343, 373. Расчетные параметры отличаются от экспериментальных значений [17.2 — 17.4] не более чем на 10%. Вероятно, уравнения подобного вида, но с другими коэффициентами, определяемыми геометрическими, массовыми и химическими факторами могут быть использованы для описания разрядных характеристик элементов питания другого вида.

$$U(t, I, m) = U_0 \times \exp\left(-\frac{0,01 \times t^{1,14} \times I^{1,68}}{m^{1,45}}\right), \quad (1)$$

где: U_0 — начальное напряжение гальванического элемента, В, t — время разряда, час, I — ток разряда, мА, m — масса элемента, г.

Вычисленные в соответствии с формулой (1) семейства разрядных характеристик для гальванических элементов типов 316, 343 и 373 приведены на рис. 17.1 — 17.3.

17. Расчет разрядных характеристик элементов

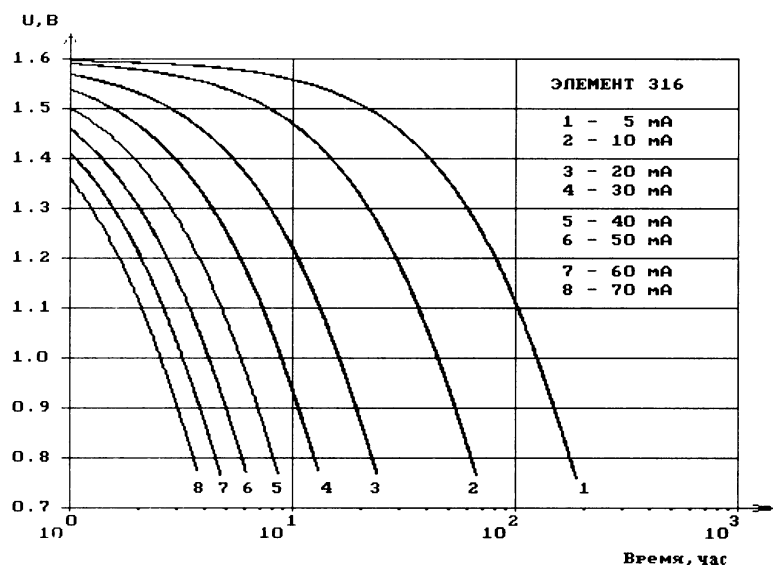


Рис. 17.1. Разрядные характеристики гальванического элемента типа 316

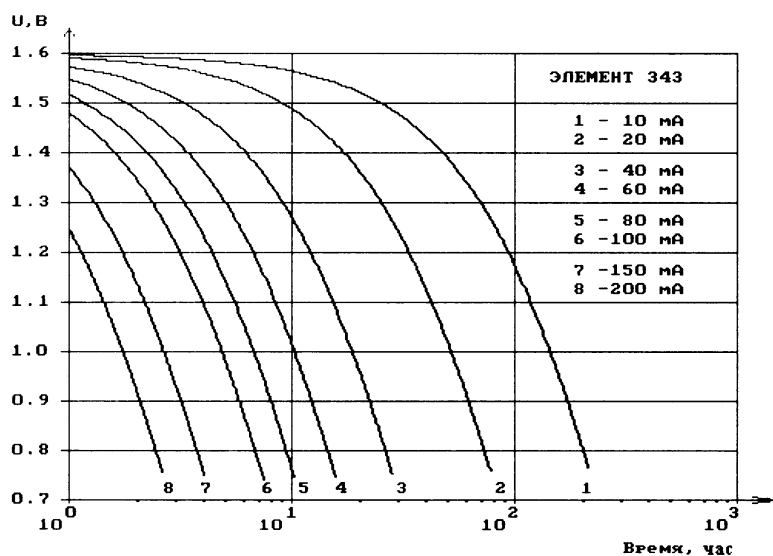


Рис. 17.2. Разрядные характеристики гальванического элемента типа 343

17. Расчет разрядных характеристик элементов

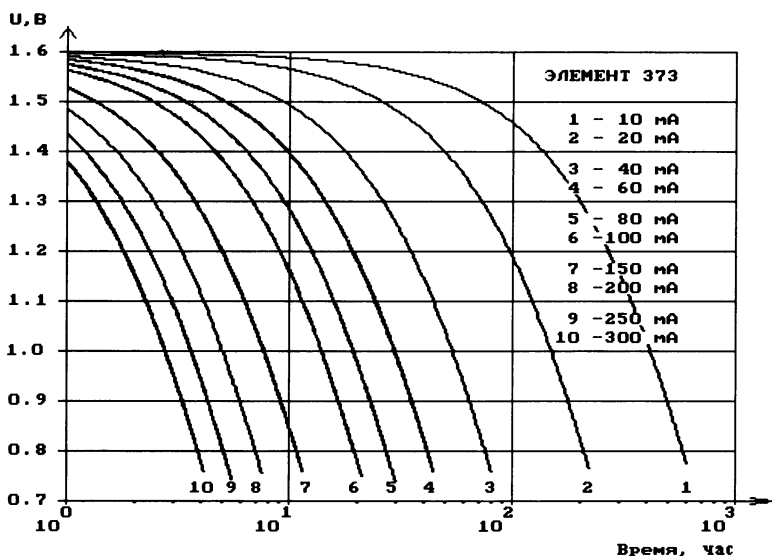


Рис. 17.3. Разрядные характеристики гальванического элемента типа 373

Не менее значимой характеристикой гальванических элементов является зависимость максимального времени разряда от величины разрядного тока. Для $t_{0,5}$, где $t_{0,5}$ — время разряда гальванического элемента до половины начального напряжения, это значение может быть определено по формуле (2), рис. 17.4.

$$t_{0,5} = \frac{41,15 \times m^{1,272}}{I^{1,474}}, \quad (2)$$

Способность гальванического элемента отдавать электрическую энергию характеризуют значением емкости элемента питания — Q , выражаемой в ампер-часах (А·ч) и определяемую как произведение среднего тока разряда на время разряда до определенного (заданного) значения.

Обычно полагается, что выполняется «закон взаимозаместимости»: во сколько раз возрастает разрядный ток, во столько же раз снижается $t_{0,5}$, и наоборот. Однако для гальванических элементов понятие емкости элемента питания малопримемлемо, поскольку закон этот нарушается: с увеличением разрядного тока емкость элемента питания резко уменьшается. В этой связи о

17. Расчет разрядных характеристик элементов

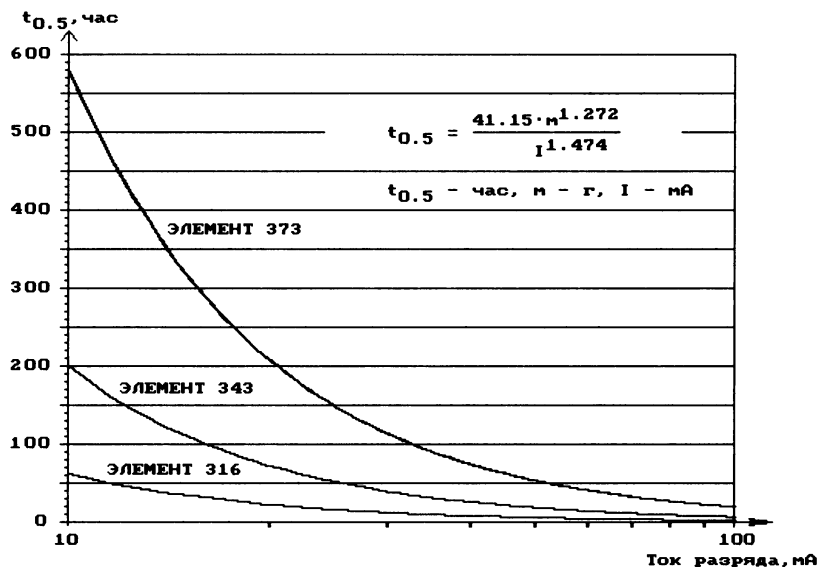


Рис. 17.4. Зависимость $t_{0.5}$ от величины тока разряда

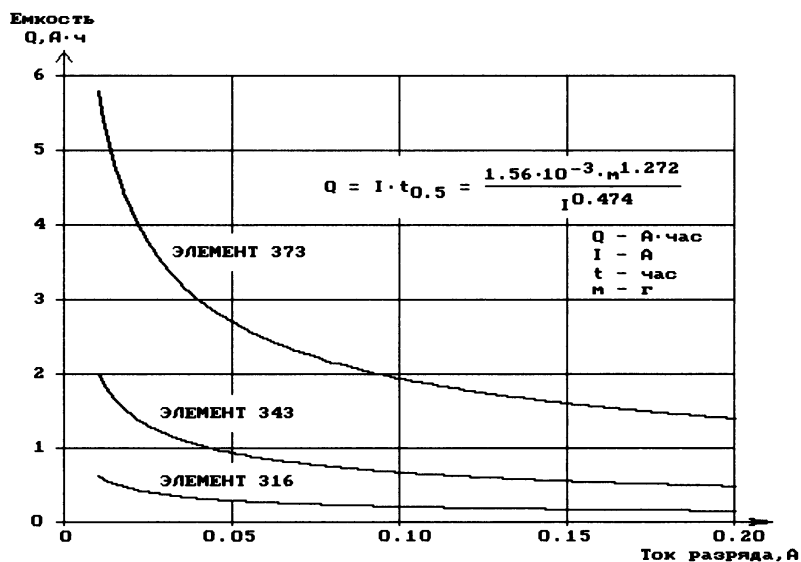


Рис. 17.5. Зависимость емкости гальванических элементов Q от величины разрядного тока

17. Расчет разрядных характеристик элементов

емкости гальванического элемента можно говорить лишь в целях оценки $t_{0,5}$ при конкретных значениях разрядного тока. Определить значение емкости гальванического элемента при варьировании тока разряда можно с использованием выражения (3), рис. 17.5.

$$Q = I \times t_{0,5} = \frac{1,56 \times 10^{-3} \times m^{1,272}}{I^{0,474}}. \quad (3)$$

Как следует из выражения (3), емкость гальванического элемента падает с увеличением тока разряда обратно пропорционально корню квадратному из величины разрядного тока. Например, при повышении тока разряда в 4, 9 и 16 раз, емкость снижается, соответственно, в 2, 3 и 4 раза.

Из приведенных выше выражений (1 — 3) и рисунков следует, что даже кратковременная работа радиоэлектронной техники с батарейным питанием в режиме повышенного энергопотребления (работа магнитофонов на повышенной громкости или в режиме перемотки, работа приемопередающей аппаратуры в режиме передачи) приводит к быстрому разряду гальванических элементов.

Приложение.

Правила техники безопасности

Работы, сопряженные с использованием для питания радио-электронных и иных устройств электрической сети напряжением 220 В, особенно если речь идет о бестрансформаторных источниках питания, являются исключительно опасными. В этой связи особое внимание следует уделять строжайшему соблюдению правил техники безопасности. На рисунках книги схемы устройств, представляющих собой источник повышенной опасности, отмечены значком:



Напомним вкратце наиболее важные моменты.

1. Не следует прикасаться к неизолированным элементам электрической схемы, находящейся под напряжением.

2. Все работы (перепайка, замена элементов, подгибание их выводов) допускается проводить только после снятия с налаживаемого устройства напряжения (и разряда самостоятельно или принудительно конденсаторов, особенно электролитических, повышенной емкости и/или габаритов).

3. Настройка, подстройка элементов схемы, например, регулировка потенциометров допускается только при условии обеспечения надежной изоляции тела человека. Для этого ручки регулирующих элементов, а также инструментов (отверток, пассатижей и т.п.) должны иметь надежную изоляцию. На полу очень рекомендуется постелить диэлектрический коврик (резина).

4. При работе в нестационарных условиях (например, гараж) нужно обратить особое внимание на возможность поражения электрическим током через токопроводящий пол или поверхность земли при случайном касании элементов зарядного или иного электронного устройства.

5. Для регулировки элементов схемы следует использовать одну руку, желательно облаченную в диэлектрическую перчатку.

Приложение. Правила техники безопасности

Это снизит вероятность одновременного касания обоими руками токонесущих конструкций и элементов.

6. Следует предусмотреть меры оказания первой помощи пострадавшему от действия электрического тока: методы отключения его от источника тока, оказания первой помощи.

7. Стоит также заранее предусмотреть порядок ваших действий при возможном возгорании электронного устройства, при иных нештатных ситуациях, например, случайном коротком замыкании, возникновении электрической дуги, взрыве или воспламенении элементов устройства.

8. Не следует оставлять работающую аппаратуру без присмотра.

9. Не допускается подача напряжения переменного тока или противоположной полярности на электролитические конденсаторы: они могут взорваться.

10. При работе с аккумуляторами, батареями гальванических элементов стоит помнить о том, что при определенных условиях, например, протекании повышенного тока, эти устройства могут заметно нагреваться, выделять токсичные газы, а иногда и взрываться.

Список литературы

К главе 1

- 1.1. **А. с. 1652929 (СССР).** Индикатор наличия трехфазного напряжения / А. Я. Дружинин // Открытия. Изобретения. — 1991. — № 20.
- 1.2. **Харьяков В.** Сигналит «циферблат». — Моделист — конструктор, 1992, № 12, С. 22.
- 1.3. **Нечаев И. А.** Индикатор фазы // Радио. — 1999. — № 9. — С. 50 — 51.
- 1.4. **Schustow M. A., Schustow A. M.** LED-Spannungsindikator ohne Batterie // Funkamateur. — 1997. — Bd. 46. — H. 11. — S. 1313; Шустов М. А., Шустов А. М. Безбатарейный светодиодный индикатор фазы // Автоматика, телемеханика и связь. — 1998. — № 4. — С. 39.
- 1.5. **Шустов М. А.** Практическая схемотехника. — М.: Альтекс-А, 2001. — Кн. 1. — 352 с.
- 1.6. **Шустов М. А.** Светодиодные индикаторы электрического поля // Радиомир. — 2000. — № 9. — С. 31.
- 1.7. **Вороненков В.** Простой искатель скрытой проводки // Радио. — 2002. — № 1. — С. 56.
- 1.8. **Забель В. Ф.** // Радиохобби. — 1999. — № 1. — С. 16; Funkamateur. — 1999. — Bd. 48, H. 1. — S. 51.
- 1.9. **Полезная модель 7510 РФ.** МКИ G01R 19/165, H02H 9/02. Устройство индикации режимов тока в электрических приборах / В. В. Савенков, С. Т. Аскаров. // Бюлл. Полезн. Моделей. Пром. Обр. — 1998. — № 8. — С. 70.
- 1.10. **Муслиенко А.** Уходя, гасите свет // Радиолюбитель. — 1997. — № 8. — С. 12.
- 1.11. **Пургин В.** Сетевой индикатор // Моделист — конструктор. — 1992. — № 11. — С. 20.
- 1.12. **Верхало Ю.** Ваттметр // Радио. — 1992. — № 1. — С. 66 — 67.
- 1.13. **Домашен ватметр** // Млад конструктор. — 1988. — № 8. — С. 4.

К главе 2

- 2.1. **Ровдо А. А.** Полупроводниковые диоды и схемы с диодами. — М.: Лайт Лтд, 2000. — 288 с.
- 2.2. **Берлет П. Н.** Индикатор полярности // Автоматика, телемеханика и связь. — 1989. — № 10. — С. 40.
- 2.3. **Вершинин В.** Два пробника // Радио. — 1994. — №7. — С. 20; 1996. — № 7. — С. 37.
- 2.4. **Шустов М. А.** Универсальный пробник // Радиолобитель. — 1994. — № 11. — С. 31.
- 2.5. **А. с. 1053014 СССР** // Открытия. Изобретения. — 1983. — № 41. — С. 168.
- 2.6. **Чубраков А.** Устройство контроля напряжения // Радио. — 1986. — № 8. — С. 32.
- 2.7. **А. с. 1705752 СССР.** МКИ G01R 19/165. Устройство контроля питания / В. Н. Верстенник, А. И. Вишницкий // Открытия. Изобретения. — 1992. — № 2.
- 2.8. **Москвин А.** Индикатор состояния аккумуляторной батареи // Радио. — 1996. — № 9. — С. 50 — 51.
- 2.9. **Леонтьев А.** Сигнальное устройство на двупороговом компараторе // Радио. — 1992. — № 5. — С. 36 — 38.
- 2.10. **Нечаев И. А.** Светодиодный индикатор уровня напряжения // Радио. — 1994. — № 6. — С. 31.
- 2.11. **Клевцов О. В.** Вольтметр для... // Радиохобби. — 1998. — № 1. — С.47.
- 2.12. **Шустов М. А.** Применение поликомпараторных микросхем в технике радиосвязи // Радиолобитель. — 1997. — № 6. — С. 13 — 15.
- 2.13. **Шустов М. А.** Устройство музыкального сопровождения // Радиолобитель. — 1997. — № 9. — С. 28 — 29.
- 2.14. **Вепреев В. Л.** Индикатор падения напряжения // Радиоконструктор. — 2001. — № 10. — С. 31.
- 2.15. **Бутов А.** Вольтметр переменного тока с «растянутой» шкалой // Радио. — 2002. — № 1. — С. 56.

К главе 3

- 3.1. **Пиз Р. А.** Практическая электроника аналоговых устройств. — М.: ДМК Пресс, 2001. — 320 с.

Список литературы

- 3.2. **Прокопцев Ю.** Стабилизатор под охраной // Моделист — конструктор. — 1995. — № 12.
- 3.3. **Гудков О. А.** Устройство автоматического отключения // Радиоаматор. — 1997. — № 10. — С. 45.
- 3.4. **Kleinste 100V Hot-Swap-Steuerung am Markt** // Elektronikschau. — 2001. — Bd. 77, № 11. — S. 9.
- 3.5. **K1182CA1** — микросхема защиты от поражения электрическим током // Радиоаматор. — 1998. — № 9. — С. 34.

К главе 4

- 4.1. **Radiotechnika** (Венгрия). — 1981. — № 3.
- 4.2. **Ромаш Э. М., Драбович Ю. И., Юрченко Н. Н.** Высокочастотные транзисторные преобразователи. — М.: Радио и связь, 1988. — 288 с.
- 4.3. **Заглядин Н.** Узел защиты радиоаппаратуры // Радиолюбитель. — 1996. — № 7. — С. 20.
- 4.4. **Защита от по-высоко напряжения** // Млад конструктор. — 1986. — № 6. — С. 13 — 14.
- 4.5. **Пакало А.** Устройство защиты от перенапряжения // Радиолюбитель. — 1997. — № 10. — С. 30.
- 4.6. **Чтобы не сгорела магнитола** // Радиоконструктор. — 1999. — № 12. — С. 29.
- 4.7. **Устройство защиты** // Радио. — 1976. — № 2. — С. 61; Radio fernsehen elektronik. — 1975. — Bd. 24, H. 15.

К главе 5

- 5.1. **Нечаев И. А.** Защита малогабаритных сетевых блоков питания от перегрузки // Радио. — 1996. — № 12. — С. 46 — 47.
- 5.2. **Перяла Р.** // Радиохобби. — 1998. — № 1. — С. 10 — 11; Electronics World Incorporating Wireless World. — 1998. — Vol. 104. — № 1 (1741). — P. 64.
- 5.3. **Зирюкин Ю.** Стабилизатор напряжения с защитой // Радиолюбитель. — 1995. — № 12. — С. 15.
- 5.4. **Регулируемый** источник питания с сигнализацией перегрузки // Радио. — 1998. — № 10. — С. 79; Zasilacz regulowany z zygnalizacja // Radioelektronik Audio-Hi-Fi-Video. — 1997. — №. 10. — S. 11, 12.

- 5.5. **Чанда Р.** // Радиолюбби. — 1999. — № 1. — С. 16; Electronics World Incorporating Wireless World. — 1999. — Vol. 105. — № 1 (1753). — P. 66.
- 5.6. **Шустов М. А.** Автовыключатель нагрузки // Радиолюбитель. — 1999. — № 5. — С. 30. Shustov M. A. Automatic load switch and timer // Electronics World. — 1999. — Vol. 105. — № 9 (1761). — P. 776.
- 5.7. **Автоматическое** отключение аккумуляторной батареи // Радио. — 1998. — № 6. — С. 64; Akkad J. NiCad auto out-off // Electronics Australia. — 1996. — № 2. — P. 51.
- 5.8. **Атаев Д.** Электромеханическая защита в зарядных устройствах // Радио. — 1998. — № 8. — С. 65.
- 5.9. **Richter S.** Universelle elektronische Sicherung // Funkamate-ur. — 1990. — B. 39, H. 2. — S. 73.
- 5.10. **Уваров А. С.** Активная нагрузка — стабилизатор тока // Радиомир. — 2002. — № 1. — С. 14 — 15.
- 5.11. **Уваров А. С.** Стабилизатор переменного тока // Радиомир. — 2002. — № 3. — С. 12 — 13.
- 5.12. **Иванов П., Семушин С.** Источники стабильного тока и их применение в радиоаппаратуре // В помощь радиолюбите-лю. — Вып. 104. — М.: ДОСААФ, 1989. — С. 63 — 78.

К главе 6

- 6.1. **Зайцев Ю. В., Марченко А. Н.** Полупроводниковые резисторы в радиосхемах. — М.: Энергия, 1971. — 112 с.
- 6.2. **Зеленин А.** Полуавтомат защиты радиоаппаратуры от «перепадов» напряжения сети // Радио. — 1998. — № 10. — С. 73 — 74.
- 6.3. **Нечаев И. А.** Автомат защиты сетевой аппаратуры от «скачков» напряжения // Радио. — 1996. — № 10. — С. 48 — 49.
- 6.4. **Флавицкий А.** Электронный предохранитель // Радио. — 1994. — № 7. — С. 35.

К главе 7

- 7.1. **Колосов В., Муратов А.** Защита РЭА от высоковольтных импульсов в сети // Радио. — 1998. — № 7. — С. 52 — 53.

Список литературы

- 7.2. **Автоматизация производства** и промышленная электроника. В 4-х т. Гл. ред. А.И. Берг, В.А. Трапезников. — Т. 1. — М.: Советская энциклопедия, 1962. — 524 с.
- 7.3. **Киселев Ю.В., Черепанов В.П.** Искровые разрядники. — М.: Советское радио, 1976. — 72 с.
- 7.4. **Разрядники вакуумные** и газонаполненные // Приборы и техника эксперимента. — 1991. — № 6. — С. 286.
- 7.5. **www.epcos.com**
- 7.6. **Толкачева Р.** Защитные микросборки ЗА-0 и ЗА-1 // Радио. — 1998. — № 8. — С. 60.
- 7.7. **Пряхин С.** Самовосстанавливающиеся предохранители Polyswitch и их применение в технике связи // Радио. — 1998. — № 8. — С. 73.
- 7.8. **Полимерные** самовосстанавливающиеся предохранители от RAYCHEM // Радиоаматор-Электрик. — 2000. — № 4. — С. 30 — 33.
- 7.9. **www.bourns.com**
- 7.10. **Черепанов В. П., Хрулев А. К., Блудов И. П.** Электронные приборы для защиты РЭА от электрических перегрузок. Справочник. — М.: Радио и связь, 1994.

К главе 8

- 8.1. **А. с. 1597751 СССР.** МКИ G01R 19/145, 19/155. Устройство для индикации наличия напряжения / А. Я. Дружинин // Открытия. Изобретения. — 1990. — № 37.
- 8.2. **Сигнализатор** перегорания предохранителя // Радио. — 1993. — № 6. — С. 25.
- 8.3. **Нечаев И. А.** Индикатор перегорания предохранителя в цепи постоянного тока // Радио. — 1996. — № 8. — С. 45.
- 8.4. **Ровдо А. А.** Полупроводниковые диоды и схемы с диодами. — М.: Лайт Лтд, 2000. — 288 с.
- 8.5. **Ленк С.** // Радиохобби. — 2001. — № 5. — С. 20. Elektor Electronics. — 2001. — № 7 — 8. — Р. 90.
- 8.6. **Прокопцев Ю.** Индикатор перегорания предохранителя // Радио. — 1998. — № 1. — С. 36.
- 8.7. **Schustow M. A., Schustow A. M.** Indikator fuer duerchgebrannte Sicherung // Funkamateuer. — 1998. — Bd. 47. — H. 7. — S. 793.

- 8.8. **Шустов М. А., Шустов А. М.** Индикатор перегорания предохранителя // Радиолобитель. — 1999. — № 2. — С. 37.
- 8.9. **Шустов М. А., Шустов А. М.** Индикатор обрыва питания // Радиолобитель. — 1998. — № 5. — С. 32 — 33.

К главе 9

- 9.1. **Сигнализатор** потери питания, позволяющий защитить важное оборудование // Электроника. — 1989. — № 25. — С. 46.
- 9.2. **Doehler H.-U.** Netzausfall-Alarm // Funkschau. — 1979. — Н. 11. — S. 663.
- 9.3. **Михеева Ж.** Сигнализатор отключения электросети // Радиоконструктор. — 2001. — № 7. — С. 21.
- 9.4. **Шустов М. А.** Практическая схемотехника. — М.: Альтекс-А, 2001. — Кн. 1. — 352 с.

К главе 10

- 10.1. **Шустов М. А.** Охранное устройство «МОДУС-НР» // Радиолобитель. — 1998. — № 2. — С. 30 — 32.
- 10.2. **Шустов М. А.** Многоканальное охранное двухпроводное устройство // Радиоконструктор. — 2000. — № 9. — С. 26 — 28.
- 10.3. **Umschalter fuer Gleichspannung** // Radio fernsehen elektronik. — 1990. — Bd. 39, Н. 2. — S. 134.
- 10.4. **Сироткин П.** Источник питания АОНа // Радио. — 1998. — № 10. — С. 68.
- 10.5. **Ознобихин А.** Двухцветный индикатор питания // Радиолобитель. — 2001. — № 6. — С. 14.
- 10.6. **Ознобихин А.** Автоматический коммутатор питания // Радиолобитель. — 2001. — № 9. — С. 38.
- 10.7. **Нечаев И. А.** Сетевой блок питания электронно-механических часов с подсветкой циферблата // Радио. — 1998. — № 9. — С. 50 — 51.
- 10.8. **Коломойцев К.** Малогабаритный блок питания с резервной функцией для электронных часов // Радиохобби. — 1998. — № 2. — С. 45.
- 10.9. **Ховайко О.** Источники питания с конденсаторным делителем напряжения // Радио. — 1997. — № 11. — С. 56 — 57.

Список литературы

- 10.10. **Schustow M. A.** Reservespeisungsquelle — automatisch eingeschaltet // Funkamateuer. — 2000. — Bd. 49. — H. 10. — S. 1093.

К главе 11

- 11.1. **Schaltungen** aus dem Halbleiter-Bastlerbeutel Nr. 6 // Funkamateuer. — 1980. — B. 29, H. 5. — S. 251.
- 11.2. **Нагарадж М. С.** Схема для автоматического включения резервной лампы // Электроника. — 1992. — № 5 — 6. — С. 105.
- 11.3. **Симутин А., Жуков Е.** Контроллер светооборудования // Моделист-Конструктор. — 1995. — № 8. — С. 13.
- 11.4. **Krueger H.** Variabler Hochlastwiderstand // Funkamateuer. — 1980. — B. 29, H. 5. — S. 237.
- 11.5. **Боровик И.** Универсальный эквивалент нагрузки // Радио. — 1986. — № 3. — С. 47 — 48, стр. 3 обл.

К главе 12

- 12.1. **Шустов М. А.** Защита накала мощных радиоламп // Радиолюбитель. — 1994. — № 1. — С. 31 — 32.
- 12.2. **Дмитриев С.** Плавное включение накала кинескопа // Радиолюбитель. — 1996. — № 8. — С. 5.
- 12.3. **Лапкин В.** Плавный разогрев накала кинескопа // Радио. — 1992. — № 1. — С. 47 — 48.
- 12.4. **Аллен Д.** // Everyday Practical Electronics. — 1998. — № 1. — P. 49; Радиохобби. — 1998. — № 1. — С. 11.
- 12.5. **Балинский Р.** «Замедлитель» включения лампы накаливания // Радио. — 1998. — № 6. — С. 44.
- 12.6. **Жадобин А.** Устройство «мягкого» бесконтактного включения кинескопа // Радио. — 1998. — № 5. — С. 8.
- 12.7. **Панкратьев Д.** Плавное зажигание лампы накаливания // Радио. — 1997. — № 9. — С. 42.
- 12.8. **Кириченко В.** Простая схема для ограничения «холодного» тока ламп накаливания // Радиохобби. — 2001. — № 5. — С. 60 — 61.
- 12.9. **Дубинин В. Н.** Устройство, продлевающее «жизнь кинескопа» // Радиоаматор. — 1998. — № 6. — С. 6 — 7.

- 12.10. **Шустов М. А.** Схема защиты нити накала // Радиолюбитель. — 1999. — № 3 — С. 28.
- 12.11. **Белоусов О. В.** Кинескопу — долголетие // Радиоаматор. — 1998. — № 1. — С. 44 — 45.

К главе 13

- 13.1. **Белоусов О. В.** Зарядное устройство для никель-кадмиевых аккумуляторов // Радиоаматор. — 1997. — № 11. — С. 35.
- 13.2. **Севастьянов В.** Зарядка стабильным током // Радио. — 1998. — № 12. — С. 48.
- 13.3. **Димитрова Х.** Как да продължим живота на електрическата батерия // Млад конструктор. — 1987. — № 1. — С. 26 — 28.

К главе 14

- 14.1. **Коломойцев К. В.** «Реанимация» элементов СЦ-21 // Радиоаматор. — 1999. — № 1. — С. 25.
- 14.2. **Орлов В. А.** Малогабаритные источники тока. — М.: Воениздат, 1970. — 224 с.
- 14.3. **Димитрова Х.** Как да продължим живота на електрическата батерия // Млад конструктор. — 1987. — № 1. — С. 26 — 28.
- 14.4. **А. с. 428459 СССР.** МКИ H01F 7/00, G05F 1/20. Трансформатор с различным коэффициентом трансформации по полупериодам переменного напряжения / Л. Г. Стариков, Г. А. Филиппов // Открытия. Изобретения. — 1974. — № 18.
- 14.5. **А. с. 1257812 СССР.** МКИ H03K 3/30. Двухтактный блокинг-генератор / В. И. Хандогин, Б. И. Рудяков // Открытия. Изобретения. — 1986 — № 34.
- 14.6. **Миль Г.** Электронное дистанционное управление моделями. — М.: ДОСААФ, 1980. — 416 с.
- 14.7. **Белоусов О. В.** Зарядное устройство для никель-кадмиевых аккумуляторов // Радиоаматор. — 1997. — № 11. — С. 35.
- 14.8. **Farnell Semiconductor Data CD-ROM. Vol. 1&2; <http://www.farnell.com>**

Список литературы

- 14.9. **Яковлев Е. Л.** Применение некоторых типов микросхем стабилизаторов напряжения // Радиоаматор. — 1998. — № 2. — С. 34 — 35.
- 14.10. **Севастьянов В.** Зарядка стабильным током // Радио. — 1998. — № 12. — С. 48.
- 14.11. **Долгов О.** Зарубежное зарядное устройство // Радио. — 1995. — № 8. — С. 43.
- 14.12. **Севастьянов В.** Стабилизатор тока зарядки Ni-Cd аккумуляторов // Радио. — 1999. — № 6. — С. 43.
- 14.13. **Пицман В.** «Двухместное» устройство для восстановления элементов питания // Радиолюбитель. — 1995. — № 5. — С. 19 — 20.

К главе 15

- 15.1. **Зарядное устройство** // Изобретатель и рационализатор. — 1987. — № 6. — С. 37.
- 15.2. **Орлов В. А.** Малогабаритные источники тока. — М.: Воениздат, 1970. — 224 с.
- 15.3. **Миль Г.** Электронное дистанционное управление моделями. — М.: ДОСААФ, 1980. — 416 с.
- 15.4. **Бузецкий В. Н.** Зарядное устройство для аккумуляторного фонарика // Радиоаматор. — 1997. — № 10. — С. 24.
- 15.5. **Нечаев И. А.** Автоматическое зарядное устройство для аккумулятора 7Д-01 // Радио. — 1983. — № 9. — С. 55.
- 15.6. **Нечаев И. А.** Блок питания на оптронах // Радио. — 1996. — № 6. — С. 42 — 43.
- 15.7. **Ващенко Н.** Подзарядка батареи 7Д-0,125Д от сетевого ЗУ // Радио. — 1999. — № 9. — С. 37.
- 15.8. **Крепель Н. В.** Автоматическое зарядное устройство // Радиоаматор. — 1998. — № 2. — С. 28.

К главе 16

- 16.1. **Бабынин В.** Десульфатационная зарядка аккумуляторных батарей // Радиолюбитель. — 1995. — № 6. — С. 24.
- 16.2. **Изобретатель и рационализатор.** — 1974. — № 8. — С. 23.
- 16.3. **Таланов Н., Фомин В.** Зарядное устройство для стартерных батарей аккумуляторов // Радио. — 1994. — № 7.

- 16.4. **Здрок А. Г.** Выпрямительные устройства стабилизации напряжения и заряда аккумуляторов. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
- 16.5. **Слюсаренко В.** Зарядное устройство // Радиоаматор. — 1997. — № 12. — С. 30.
- 16.6. **Боровик И.** Универсальный эквивалент нагрузки // Радио. — 1986. — № 3. — С. 47 — 48.
- 16.7. **Рабогошвили К. В.** Импульсное зарядное устройство для аккумуляторов // Радиоаматор. — 1995. — № 6. — С. 7.
- 16.8. **Орлов В. А.** Малогабаритные источники тока. — М.: Воениздат, 1970. — 224 с.
- 16.9. **Павлов С.** «Подзарядное» устройство // Радиоконструктор. — 2001. — № 10. — С. 37.
- 16.10. **Гуменюк Ю.** Резервное электропитание // Радиолюбитель. — 1998. — № 10. — С. 28 — 29; Радиолюбитель. — 1998. — № 6. — С. 11.
- 16.11. **Евсеев А.** Автоматическое зарядное устройство для аккумуляторных батарей // В помощь радиолюбителю. — Вып. 83. — М.: ДОСААФ, 1983. — С. 12 — 17.
- 16.12. **Кутергин Г.** Простое зарядное устройство // Радио. — 1978. — № 5. — С. 27.
- 16.13. **Schindler M.** Portable Power // Elektronischau. — 2002. — В. 78. — Н. 1 — 2. — S. 24 — 26.
- 16.14. **Jordan J.** // Funk. — 2001. — Н. 12. — S. 26 — 27; Радиолюбитель. — 2002. — № 1. — С. 28.

К главе 17

- 17.1. **Шустов М. А., Шустов А. М.** Расчет разрядных характеристик гальванических элементов // Радиолюбитель. — 1998. — № 12. — С. 15 — 16; 1999. — № 8. — С. 18.
- 17.2. **Вересов Г. П.** Электропитание бытовой радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Радио и связь, 1983. — 128 с.
- 17.3. **Орлов В. А.** Малогабаритные источники тока. — М.: Воениздат, 1970. — 224 с.
- 17.4. **Давтян Г., Есаян Л., Пилюс Н. и др.** Гальванические элементы «Орион М», «Юпитер М», «Уран М» // Радио. — 1983. — № 8. — С. 46 — 48.

Готовятся к выходу:

Евстифеев А.В.

Микроконтроллеры AVR семейства Mega.

Руководство пользователя

Год издания: 2007

Евстифеев А.В.

Микроконтроллеры AVR семейства Tiny.

Руководство пользователя

Год издания: 2007

Книги представляют собой справочное руководство по однокристальным микроконтроллерам AVR семейства Mega фирмы ATMEL. Рассмотрена архитектура микроконтроллеров AVR, ее особенности, приведены основные электрические параметры. Подробно описано внутреннее устройство микроконтроллеров, система команд, периферия, а также способы программирования. Основой данного издания послужила популярная книга «Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega», материал которой был существенно переработан и дополнен описаниями новых моделей.

Предназначены для разработчиков радиоэлектронной аппаратуры, инженеров, студентов технических вузов.

Редькин П. П.

Микроконтроллеры ARM7 семейств LPC2000.

Руководство пользователя (+CD)

Год издания: 2007

Данная книга предназначена для специалистов в области разработки электронной аппаратуры, студентов соответствующих специальностей и радиолюбителей, желающих иметь как подробное справочное пособие по микроконтроллерам семейства LPC2000 компании NXP Semiconductors (ранее Philips Semiconductors), так и практическое руководство по их программированию и использованию для решения широкого круга задач по проектированию электронной аппаратуры.

Книга состоит из трех частей. Первая часть представляет собой подробное и полное описание микроконтроллеров семейства LPC2000, в том числе архитектуры ядра ARM7TDMI-S, системы команд, регистровой структуры и аппаратного построения основных и периферийных модулей LPC2000, а также содержит рекомендации производителей по программированию и применению отдельных узлов этих микроконтроллеров.

Вторая часть книги содержит подробные описания программной среды разработки-отладки приложений IDE IAR Embedded Workbench и программы-загрузчика Flash-памяти LPC2000 Flasf Utility с примерами, поясняющими возможности их практического применения.

В третьей части книги приведены примеры алгоритмов и исходных текстов управляющих программ на языке Си, демонстрирующих пользователю «в железе» работу ядра и периферийных узлов микроконтроллера LPC2129. Все представленные программы написаны или протестированы лично автором книги, снабжены описаниями и комментариями, содержат драйверы периферийных устройств и могут использоваться в пользовательских приложениях на базе микроконтроллеров семейства LPC2000 компании NXP Semiconductors.

Готовятся к выходу:

Иди Фред

Сетевой и межсетевой обмен данными с микроконтроллерами (+ CD)

Год издания: 2007

Книга посвящена вопросам создания успешно работающих сетевых устройств на базе микроконтроллеров. Из нее вы узнаете все об интеграции RS-232, I2C и Ethernet в сетевое устройство, предназначенное для организации связи по локальным (LAN) или глобальным (WAN) сетям или через Интернет. Кроме того, вы будете иметь полное представление о том, как программируются такие устройства. Сетевые устройства создавались на базе популярных микроконтроллеров Atmel и Microchip. При программировании микроконтроллеров Atmel использовался компилятор ICCAVR Pro, а при программировании микроконтроллеров PIC — компилятор CCS PIC.

На прилагаемом компакт-диске представлены все исходные коды и откомпилированные программы. Кроме этого, компакт-диск содержит схемы устройств Easy Ethernet в PDF-формате, а также схемы печатных плат.

Книга рассчитана на инженеров, программистов и студентов, изучающих микроконтроллерную технику, но также будет представлять интерес для всех желающих самостоятельно разобраться в этой области.

Хелибайк Чак

Программирование PIC-микроконтроллеров на PicBasic

Год издания: 2007

Книга представляет собой практическое руководство по программированию микроконтроллеров семейства PIC. Причем, от вас не требуется никаких предварительных знаний о языке PicBasic. Начиная с азов программирования, вы постепенно изучите такие важные для практического использования PIC-микроконтроллеров вопросы, как:

- ключевые различия между стандартным компилятором PicBasic и компилятором PicBasic Pro;
- основные характеристики 12-, 14- и 16-битных PIC-микроконтроллеров;
- набор команд и архитектура широко используемых PIC-микроконтроллеров, таких как 15F84 и 16F876;
- обработка прерываний и исключительных ситуаций;
- команды ветвления и перехода;
- прямой доступ к входам/выходам и регистрам специальных функций;
- организация связи между PIC-микроконтроллерами.

Отдельная глава посвящена ставшей весьма популярной в последнее время робототехнике. В книге вы найдете многочисленные примеры программ для реализации различных функций PIC-микроконтроллеров с использованием языка PicBasic. Исходные тексты всех примеров приведены на прилагаемом компакт-диске.

Книга будет полезна начинающим разработчикам, инженерам, студентам радиотехнических специальностей, а также широкому кругу читателей, интересующихся электроникой и программированием.

УМНЫЕ КНИГИ

ДОКАБОООКС

«Дока-букс» — это динамично развивающаяся компания, занимающаяся распространением технической литературы в России и ближнем зарубежье. Фирма основана группой компаний «Симметрон» на базе книготоргового отдела Издательского дома «Додэка-XXI» в начале 2006 г. и является эксклюзивным представителем данного издательства.

В ассортименте «Дока-букс» книги более 80 издательств.

Приглашаем к сотрудничеству книготорговые компании и издательства.

Интернет-магазин — www.dokabooks.ru

тел./факс: +7(495) 366-2429, 366-0922

e-mail: books@dodeca.ru



Книги издательства «Альтекс» и другую радиотехническую и компьютерную литературу Вы можете заказать наложенным платежом в почтовом агентстве «ДЕССИ»:

107114, г. Москва, а/я 10. Тел.: (495) 304-72-31

E-mail: post@dessy.ru www.dessy.ru

ЭФФЕКТИВНЫЕ МАРКЕТИНГОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРОНИКИ



РАЗРАБОТЧИКИ ЭЛЕКТРОННОЙ
ТЕХНИКИ

МЕНЕДЖЕРЫ ПО СНАБЖЕНИЮ

РУКОВОДИТЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ

МАСТЕРА СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРОВ

РУКОВОДИТЕЛИ СЕРВИСНЫХ
ЦЕНТРОВ

ПОСТАВЩИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ
КОМПОНЕНТОВ

ПОСТАВЩИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

ПОСТАВЩИКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

КОНТРАКТНЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ

Индексы для России и стран СНГ по объединенному
каталогу «Пресса России. Российские
и зарубежные газеты и журналы»

Журнал «ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ» с ежегодником «ЖИВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ»	39459
Журнал «РЕМОНТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ»	39458
Журнал «ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ»	64223

Индексы для России и стран СНГ
по каталогу агентства «Роспечать»

Журнал «ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ» с ежегодником «ЖИВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ»	47298
Журнал «РЕМОНТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ»	79459
Журнал «ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ»	20014

Адрес издательства:

Россия, 109044, г. Москва, а/я 14

Тел.: (495) 741-77-01, факс: (495) 741-77-02

E-mail: elecom@ecomp.ru www.elcp.ru

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ
ЭЛЕКТРОНИКА

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ



- Одно- и двухканальные источники питания
- Выходное напряжение до 50 В, выходной ток до 20 А
- Дополнительный фиксированный выход 5 В/3 А
- Стрелочные и цифровые индикаторы
- Высокая стабильность и малые пульсации

ЭКСПОЗИЦИЯ

измерительных приборов,
паяльных станций и инструмента

в Фирменном салоне "ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ"

Москва, м. Новослободская, 1-й Щемилевский пер., д.17/19

Тел. (495) 744 70 70

Офисы в Москве : м. Молодежная: Москва, ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (495)97-000-99, почта: 121351, Москва, а/я 100, e-mail: platan@aha.ru м. Новослободская: Москва, 1-й Щемилевский пер., 17/19, стр.2 (495)744-70-70, platan@platan.ru

Офис в Санкт-Петербурге: ул.Зверинская, 44 (812)232-88-36, 232-23-73, baltika@platan.spb.ru
Представительства: Воронеж (0732) 59-75-57 Казань (8432) 92-18-06 Казань (38044) 494-37-92
Новосибирск (3832)16-33-66 Омск (3812)24-69-03 Ульяновск (8422)37-65-67 Уфа (3472) 32-10-79
Региональные дилеры: Белгород (0722) 32-87-22 Ижевск (3412) 43-72-51
Омск (3812) 24-10-90 Ростов-на-Дону (8632) 44-34-48 Саратов (8452) 27-88-55
Самара (8462) 35-26-09 С-Петербург (812) 327-96-92 Саратов (8452) 27-88-55
Тольятти (8482) 70-91-03 Тюмень (3822) 55-65-30, 51-12-25 Челябинск (8352) 56-63-03
Иошкар-Ола (8362) 45-17-45 Минск (375-17) 287-28-60