

## Читайте в следующих номерах

Ответы на вопросы по генератору Потапова

Рекуперация тепла, газа, материалов и электроэнергии

Схема электрооборудования грузового автомобиля ЗИЛ 431416/441516



## №6 (18) июнь 2001

Ежемесячный научно-популярный журнал Совместное издание с Научно-техническим обществом радиотехники, электроники и связи Украины

Регистрационный КВ, №3858, 10.12.99 г.

Учредитель - ДП «Издательство Радиоаматор»  
Издается с января 2000 г.

Издательство «Радиоаматор»

Директор Г.А.Ульченко.

Главный редактор О.Н.Партала.

Редакционная коллегия

(redactor@sea.com.ua)

П.В.Афанасьев

Н.П. Горейко

А.В. Кравченко

В.А. Кучеренко

Н.В. Михеев

В.С. Самелюк

Э.А. Салахов

П.Н. Федоров

Компьютерный дизайн

А.И.Поночовный (san@sea.com.ua)

Технический директор

Т.П.Соколова, тел.271-96-49

Редактор Н.М.Корнильева

Отдел рекламы С.В.Латыш,

тел.276-11-26, E-mail: lat@sea.com.ua

Коммерческий директор

(отдел подписки и реализации)

В.В.Моторный, т.276-11-26, 271-44-97

E-mail: val@sea.com.ua

Платежные реквизиты:

получатель ДП-издательство

«Радиоаматор», код 22890000,

р/с 26000301361393 в Зализничном

отд.Укрпромвестбанка г. Киева,

МФО 322153

Адрес редакции:

Украина, Киев,

ул. Соломенская, 3, к. 803

для писем:

а/я 807, 03110, Киев-110

тел. (044) 271-41-71

факс (044) 276-11-26

E-mail: elektrik@sea.com.ua

http://www.sea.com.ua/ra

## СОДЕРЖАНИЕ

### Энергосбережение

3 Технологии энергосбережения

### Источники питания

4 Конструкция моментального изготовления источника питания. . . . . В.Ю.Солонин

6 Малогабаритный блок живления для электронных годинників. . . . . О.В.Тимошенко

6 Блок питания для "больного" аккумулятора. . . . . С.Л.Дубовой

### Электросварка

7 Доработка сварочного трансформатора ТДЭ-101У2 . . . . . А.Татаренко

### Электрошкола

9 Беседы по электротехнике. Электричество - от простого к сложному. . . . . А.Л.Кульский

### Потребители тока

11 Управление трехфазной нагрузкой . . . . . В.Е.Тушнов

12 Передпусковой контроль опоры изоляції обмоток статора асинхронного двигателя . . . . . К.В.Коломойцев, Ю.Ф.Романюк, Р.М.Коломойцева

13 Бесконтактный индуктор фазы. . . . . С.Л.Дубовой

13 На случай аварии. . . . . И.П.Семенов

### Справочный лист

14 Асинхронные двигатели малой мощности серии ДА

15 Источники питания высокого уровня интеграции по методологии Topswitch фирмы Power Integrations Inc.

15 Схема электрооборудования автомобиля "Фольксваген-Пассат GL"

### Нетрадиционные источники

18 Ветровая плотина . . . . . Н.Г.Макаренко, А.Н.Макаренко

### Заряд-разряд

19 Зарядное устройство века грядущего. . . . . Н.П.Горейко

### Электроавтоматика

21 Регулятор мощности для активно-индуктивной нагрузки до 15 кВт . . . . . А.Н.Маньковский

### Освещение

22 Люминесцентные лампы и их характеристики . . . . . С.И.Паламаренко

23 Вечная спираль. . . . . Ю.Бородатый

### Авто-мото

24 Электроблок для подвесного лодочного мотора . . . . . Д.Л.Крошко

25 Дайджест по автомобильной электронике

### Для любознательных

27 О температуре электронагревателей и возможности ее снижения

27 Реостат

### Патентный фонд

28 Интересные устройства из мирового патентного фонда

### Страничка юмора

30 "Это надо же!" . . . . . Л.Алешников

30 Достижения наших коллег

### Электронности

5 Визитные карточки

29 Международная выставка "Энергофорум Украина - 2001"

29 Новости

31 Михаил Осипович Доливо-Добровольский

32 Книга-почтой

Подписано к печати 07.06.2001 г. Формат 60x84/8. Печать офсетная. Бумага газетная. Зак.0161106. Цена дог. Тираж 2300 экз. Отпечатано с компьютерного набора на комбинате печати издательства «Преса України», 03047, Киев - 047, пр. Победы, 50 При перепечатке материалов ссылка на «РА-Электрик» обязательна.

За содержание рекламы и объявлений редакция ответственно-сти не несет.

Ответственность за содержание статьи, правильность выбора и обоснованность технических решений несет автор.

Для получения совета редакции по интересующему вопросу вкладывайте оплаченный конверт с обратным адресом.

Недавно я имел честь быть членом жюри Всеукраинского конкурса работ Малой Академии наук по электронике. На конкурсе собрались школьники старших классов почти из всех областей Украины и г. Киева, представившие работы весьма широкого спектра (от электрогенератора на энергии морских волн до усилителя мощности для... церкви). Жюри удалось наладить непринужденную атмосферу научной дискуссии, когда сами школьники задавали вопросы, спорили, отстаивали свои мнения. Постепенно и самим участникам стало ясно, кто сильнее. Поэтому после решения жюри протестов не было. Самое главное, участники прошли школу научного спора, умения грамотно защищать свое мнение. Думаю, что этот день многим конкурсантам запомнится на всю жизнь.

Но у меня эта защита вызвала печальные мысли. Я уже не первый год участвую в работе такого жюри. Авторам лучших работ я предлагал печатать их в виде статей в наших журналах. Обычно я делал предложения 4-5 авторам, в этом году - всего одному. Остальные работы "не тянули". И не следует обвинять в этом школьников - они сделали все, что могли. Упал уровень подготовки, уровень преподавания, что, в частности, подтвердили и результаты экзаменов по базовым предметам: математике и физике.

Состояние дел в нашей школе уже давно вызывает тревогу. Нищенская зарплата учителей привела к тому, что из школ практически ушли учителя-мужчины, а сейчас уходит и молодежь. Нет средств не только на компьютер, но даже и на примитивный паяльник или набор радиодеталей. На защите один из конкурсантов сделал ус-

тройство на деталях... 60-х годов выпуска, которых уже и в справочниках давно нет. Такие, наверное, у кого-то нашлись на чердаке.

Что такое образование для жизни страны? Приведу пример. В конце 60-х годов Южная Корея, нищая и голодная, пошла на отчаянный шаг - бросила почти половину средств национального бюджета на образование. Тысячи корейцев уехали учиться в иностранные учебные заведения, создавались свои учебные заведения, приглашали преподавателей из-за границы, брали займы не на покупку ширпотреба, а на оборудование школ и институтов. Через 10-15 лет начался экономический бум, невиданный подъем экономики. Сейчас Южная Корея - процветающая страна с уровнем жизни, которому могут позавидовать многие развитые европейские страны. Тот же путь проделали и другие "азиатские тигры": Сингапур, Гонконг, Тайвань. В наше время уровень образования является залогом благоденствия общества.

В Украине идут полупрезные приготовления к 10-летию независимости, на это не жалко средств, не то, что на образование. Правящая элита при этом демонстрирует редкое неумение вывести страну из затянувшегося кризиса и нищеты. И понятно почему - ведь образование они получили в советской школе, которая хотя и была несколько лучше нынешней, но тоже знаниями не баловала.

А что ждет наших детей?

Главный редактор журнала  
"Радиоаматор-Электрик"  
О.Н.Партала

### Правила приема в клуб читателей "Радиоаматора"

Если Вы хотите стать членом клуба читателей "Радиоаматора", нужно действовать следующим образом.

1. Подпишитесь на один из журналов издательства: "Радиоаматор", "Электрик" или "Конструктор".

2. Вышлите ксерокопию квитанции об оплате (или оригинал) по адресу: 03110, редакция "Радиоаматора", а/я 807, Киев, 110.

3. Укажите в письме фамилию, имя и отчество полностью, адрес для связи, в том числе телефон, E-mail, у кого есть.

4. Подтверждать действительное членство в Клубе необходимо после каждого продления подписки, т.е. присылать нам квитанции на новый срок.

Соблюдение этих правил позволит Вам в дальнейшем пользоваться всеми правами члена Клуба. С положением о Клубе можно ознакомиться в РА, РЭ или РК №1/2001

### Список новых членов клуба читателей РА

Чирков Р. Н.

Волков Д. И.

### Требования к авторам статей по оформлению рукописных материалов

Принимаются для публикации оригинальные авторские материалы, которые не печатались в других изданиях и не были отправлены одновременно в несколько различных изданий. **В начале статьи подается аннотация, отделенная от текста статьи. В ней указывается краткое содержание, отличительные особенности и привлекательные стороны.**

Статьи в журнал «Радиоаматор» можно присылать в трех вариантах:

- 1) написанные от руки (разборчиво),
- 2) напечатанные на машинке,
- 3) набранные на компьютере (в любом текстовом редакторе для DOS или WINDOWS IBM PC).

В 3-м случае гонорар за статью будет выше.

**Рисунки и таблицы** следует выполнять за пределами текста, на отдельных листах. На обороте каждого листа с рисунком указать номер рисунка, название статьи и фамилию автора.

Рисунки и схемы к статьям принимаются в виде эскизов и чертежей, выполненных **аккуратно черными линиями на белом фоне с учетом требований ЕСКД** (с использованием чертежных инструментов). Выполнение вышеуказанных требований ускорит выход статьи, так как снизит трудозатраты редакции по подготовке статьи к печати. Изображения печатных плат лучше выполнять увеличенными по сравнению с оригиналом в 2 раза. Можно также изготавливать **рисунки и схемы на КОМПЬЮТЕРЕ**, однако следует учитывать возможности полиграфических предприятий по использованию компьютерных изображений в производственном процессе. Графические файлы, представляемые в редакцию, должны иметь расширение **\*.CDR** (5.0-7.0), **\*.TIF**, **\*.PCX** (с разрешением 300 dpi в масштабе 1:1), **\*.BMP** (с экраным разрешением в масштабе 4:1).

# ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

<http://www.necin.com.ua>

Использование изношенных автомобильных шин встречается большие затруднения. Просто сжигать их нельзя, так как при этом загрязняется воздушная среда. Использование шин в других технологиях затруднено тем, что сначала шины нужно размельчить, что связано с большими затратами энергии и довольно дорого. Поэтому и наблюдаем целые свалки из старых шин, довольно устойчивых к внешним воздействиям и бактериям.

В Канаде разработана технология использования изношенных шин как топлива для цементных печей. Эта технология позволяет подавать целые шины в длинные цементные печи. Механизм, который установлен на стенке печи и вращается вместе с ней, позволяет подавать шины в точку, где температура достаточно высока, чтобы обеспечить полное сгорание шин. Как показано на **рисунке**, автоматизированная система обрабатывает шины и подает их в середину печи.

Следует заметить, что шины не просто заменитель топлива в цементной печи; металлическая арматура в шинах также обеспечивает входное сырье печи окислами железа, необходимыми при сжигании извести в цементной печи. Более того, пепел, образующийся вследствие сгорания шин, так же, как и пепел при

сгорании угля, является составной частью конечного продукта, т.е. цемента.

В 1994 г. такой механизм был установлен на одной из четырех печей Жюльетского цементного завода (провинция Квебек, Канада). Положительные результаты эксперимента привели к тому, что компания вложила капитал в доработку остальных трех печей. В результате за год было использовано 1,5 млн. изношенных автомобильных шин от легковых автомобилей и сэкономлено 18000 т. угля.

Подача в цементную печь реализуется четырьмя бункерами объемом по 2000 т. Две цементные печи оснащены механизмами для приема шин от легковых автомобилей (каждая шина примерно по 10 кг) со скоростью одна шина за оборот печи (всего печь делает 87 оборотов в час). Третью печь оборудовали механизмом для приема изношенных шин от грузовиков (каждая шина примерно по 50 кг) со скоростью одна шина за пять оборотов печи. Шины имеют теплотворную способность 28 ГДж/т (такую же, как у угля).

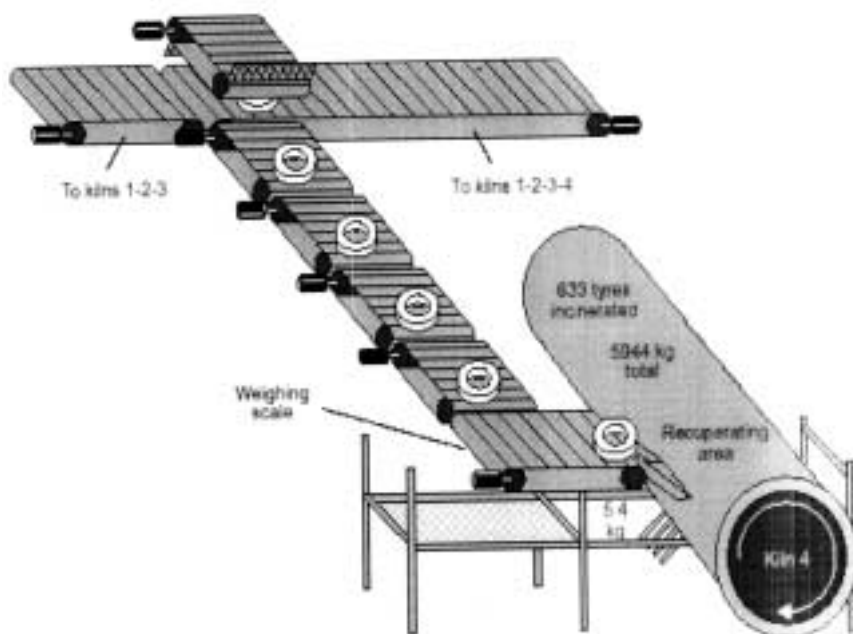
Компания получает доход не только от экономии угля, но и за счет того, что получает плату за прием в утиль использованных шин. Уменьшение производственных затрат сделало цементный завод компании более конкурентоспособным

на рынке.

Финская компания Oy Helvar разработала **систему интеллектуального освещения** для школ, офисов, заводов, отелей и других мест, в которых большое число светильников используется в течение длительного периода времени. Система реагирует на присутствие в помещении человека, включает освещение при наличии в помещении людей и выключает при их отсутствии. Кроме того, система поддерживает постоянный уровень освещения при любых внешних условиях. Поэтому система содержит датчик освещенности. Чем больше уровень дневного света, тем ниже уровень освещенности в помещении вплоть до полного выключения.

Экспериментальное использование системы дало экономию электроэнергии до 60%. Кроме того, постоянство уровня освещения уменьшило напряжение глаз, а следовательно, и количество случаев головной боли.

Австралийская металлургическая компания ВНР обнаружила, что в компрессорах, трубопроводах и другом оборудовании, подающем сжатый газ в плавильные печи, имеются большие утечки газа, которые весьма трудно обнаружить. Поэтому компания приобрела **ультразвуковое оборудование для обнаружения утечек**. Принцип работы этого оборудования основан на том, что в месте утечки жидкости или газа через микроскопические отверстия на внешней стороне образуется турбулентность, создающая белый шум на ультразвуковых частотах. Ультразвуковые сигналы легко обнаруживаются даже при громком наружном шуме. Электронные схемы прибора обнаружения преобразуют ультразвук в низкочастотный звук, который можно слышать в наушниках. Прибор сканирует диапазон ультразвуковых частот между 20 и 100 кГц. Его можно применять на безопасном расстоянии от труб. Использование прибора позволило в кратчайшие сроки обнаружить и ликвидировать все источники утечек в компрессорной аппаратуре, клапанных сальниках, золотниковых уплотнениях, арматуре отсечных клапанов, соленоидах и гофрах. Без такой технологии утечки обнаружить невозможно. Это позволило сэкономить до 40% электроэнергии, используемой на заводе, что составило за год 166 тыс. австралийских долларов.



# КОНСТРУКЦИЯ МОМЕНТАЛЬНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

В.Ю.Солонин, г.Конотоп, Сумская обл.

Когда собираются проводить монтаж радиоэлектронного устройства на микропроцессоре, высокочастотных транзисторах, других дорогих дефицитных и боящихся статического электричества элементах, первым делом избегают от гальванической связи нагревателя паяльника с электрической сетью, чтобы уменьшить вероятность пробоя высоким напряжением дорогих деталей во время пайки и уменьшить трудоемкость наладки изготавливаемого устройства. Для этого конденсаторный источник питания (ослабитель тока) низковольтного паяльника заменяют на понижающий трансформатор или тороидальный трансформатор, предназначенный для питания устройства с вакуумными люминесцентными индикаторами. Он имеет выходное напряжение близкое к 40 В. Это как раз то, что нужно для питания паяльника.

Обычно провода паяльника припаивают непосредственно к выводным лепесткам низковольтной обмотки трансформатора, но тогда при пайке крупной детали невозможно увеличить напряжение, подаваемое на паяльник, а другие низковольтные обмотки трансформатора (для накала ламп, питания микросхем) остаются незадействованными. Невозможно легко и быстро заменить паяльник или подключить к этому трансформатору другие нагрузки, т.е. использовать его как лабораторный источник питания.

Чтобы создать возможность подключения разных устройств как переменного, так и постоянного тока, изменять входное

напряжение и его вид (переменное - постоянное), и чтобы это устройство было надежно и удобно в эксплуатации, представляло собой один предмет, а не несколько, связанных проводами, нужно изготовить конструкцию. Изготовленная традиционными путями она содержит корпус, плату, крепежные элементы, лицевую панель с закрепленным на ней разъемом, переключателем и др.

Одной из самых важных характеристик устройства является трудоемкость его изготовления. Бывает, что даже самые нужные устройства нет желания и времени изготавливать, если они трудоемки.

Преимущество предлагаемой конструкции источника питания по сравнению с известными заключается в том, что ее трудоемкость изготовления снижена до минимума. С малыми затратами труда можно доработать трансформатор, питающий паяльник, конструкцию источника питания, к которой можно подключать низковольтные нагрузки как переменного, так и постоянного тока, например, радиоприемник или микродрель. Можно заряжать аккумулятор, подключив его последовательно с лампой накаливания или резистором. Обычная электроплитка на 220 В 600 Вт, подключенная к выходной обмотке на 40 В, превращается в сушилку, так как нагревается как батарея центрального отопления и потребляет мало электроэнергии.

На **рис.1** показана малотрудоемкая конструкция источника питания, выполненная по классической схеме (**рис.2**).

На тороидальном трансформаторе 1 закреплена ламповая панелька 2 с помощью винта 3, гайки 4 и пластмассовой пробки 5. Подбирают пластмассовую крышку от тюбика зубной пасты, крема или бутылки, чтобы она затыкала отверстие в трансформаторе 1, т.е. легко входила в расширенное по диаметру начало его центрального отверстия, но вглубь отверстия (где оно сужено) не проваливалась. Из крышки изготавливают пробку 5, укоротив ее по длине и просверлив центральное отверстие для винта 3. С трансформатора 1 удаляют выводные лепестки, отпаяв от них провода и немного раскрутив для этого ленточную обертку трансформатора, которую затем восстанавливают. Провода выводов вторичных обмоток трансформатора 1 должны быть припаяны к выводам 6 панельки 2 и на места пайки надета изоляционная трубка длиной выводов 6. При этом вторичную обмотку IV на 40 В лучше всего соединить последовательно с другими вторичными обмотками I - III и V - VII, как показано на рис.2.

Функциональные возможности источника будут более высокими, если к одной стороне обмотки IV подключить обмотки I - III с меньшим напряжением, а к другой - обмотки V - VII с большим напряжением. Если вторичных обмоток мало и выводы панельки 2 остаются незадействованными, а предполагаемые к подключению нагрузки имеют более высокое напряжение питания (или на паяльник нужно подать более высокое напряжение), то можно домотать несколько обмоток по 3 В каждая (или на другое напряжение) проводом диаметром 0,6 мм или толще в зависимости от используемых нагрузок. Для этого раскручивают ленточную обертку трансформатора, а затем ее восстанавливают после намотки.

Чтобы узнать, сколько нужно намотать витков, сначала определяют напряжение, наводимое на одном витке. Для этого наматывают монтажным проводом экспериментальную обмотку из 10 витков и изме-

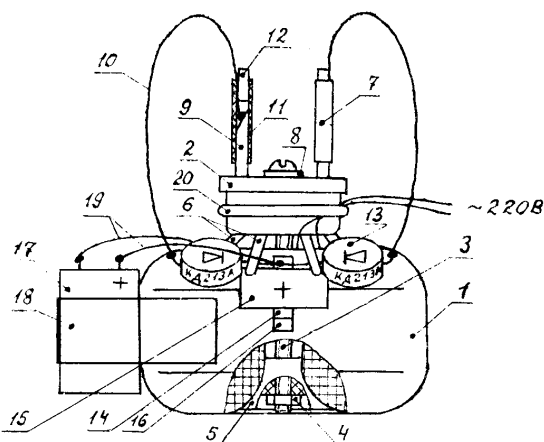


рис.1

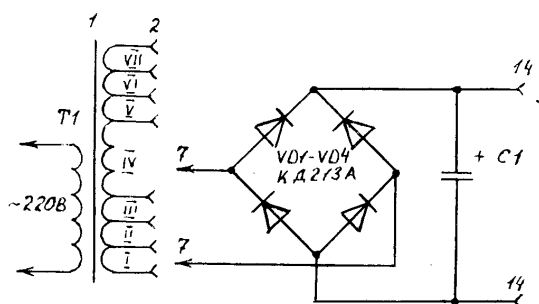


рис.2

ряют на ней напряжение. После эксперимента эту обмотку нужно размотать. Следует удлинить выводные провода первичной обмотки 220 В, а места пайки изолировать трубкой.

Выводы 6 панели 2, изолированные более длинной трубкой, упираются в трансформатор 1. Для этого они отогнуты примерно на угол 45° от винта 3. Винтом 3 и гайкой 4 стянуты панелька 2 и пробка 5 с небольшим усилием, достаточным лишь для удержания на месте панельки 2 во время установки в нее и извлечения контактных штырей 7. Жесткость крепления панельки 2 обеспечивается тем, что выводы 6 оказывают на нее пружинящее действие (толкают ее вверх), упираясь в трансформатор. Чтобы головка винта 3 не проваливалась в центральное отверстие панельки 2, подложена пластмассовая шайба 8.

Контактными штырями 7 оснащают провода всех нагрузок, подключаемых к описываемому источнику питания и вход выпрямителя VD1-VD4 и С1. Они представляют собой отрезок медного провода 9, туго входящего в гнездо панельки 2 закругленным концом. Другой конец отрезка провода 9 сточен напильником под углом 45°, и к образовавшейся наклонной плоскости припаян провод 10 нагрузки. Такая пайка не мешает тугой посадке на отрезок 9 изоляционной трубки 11. Чтобы провод 10 меньше изгибался в месте пайки, в трубку 11 вставлена трубка 12 меньшего диаметра, прижимающая провод 10 к внутренней поверхности трубки 11. Самая удобная - крупная ламповая панелька 2 с гнездами под штыри диаметром 3 мм. Диоды 13 VD1-VD4, спаянные друг с другом в мост, разложены на трансформаторе 1 в верхней его части вокруг панельки 2. Металлическая сторона их корпуса повернута вверх для лучшего охлаждения. Вход диодного моста соединен проводами 10 со штырями 7, предназначенными для установки в гнезда панельки 2.

Крепят диодный мост пайкой выводов диодов к контактам 14, приклеенным к трансформатору 1 в его диаметрально противоположных точках с помощью отрезков ленты 15 из лакоткани, которой обернут трансформатор 1. Два контакта 14 являются выходными выводами постоянного тока источника питания. Один из них с надписью "-" расположен на невидимой на чертеже стороне трансформатора 1. Контакты 14 представляют собой металлическую ленту шириной 5 мм, вырезанную из луженой жести от консервной банки или листовой меди. Конец ленты, выходящий снизу из-под отрезка лакоткани 15, завернут в трубку 16, в которую туго вставлен контактный штырь 7 нагрузки. Для большей жесткости крепления диодного моста выводы диодов VD1-VD4 прижаты к трансформатору 5 по-

мощью отрезка лакоткани 18 (обверточной ленты трансформатора 1), приклеенной к конденсатору 17 и трансформатору 1. Выводы конденсатора 17 припаяны к выходным контактам 14 гибкими проводами 19.

Чтобы не поломались сетевые провода 220 В в месте их входа в трансформатор 1 из-за многократных изгибов при эксплуатации конструкции, их привязывают к панельке 2 тонкой изоляционной трубкой 20. Для этого в панельке 2 имеется паз для крепления на шасси радиоаппаратуры. Таким образом, получилась жесткая, надежная конструкция с малой трудоемкостью изготовления и большими функциональными возможностями, представляющая собой одно целое. Ее легко переносить, и к ней легко подключать нагрузку с возможностью изменения выходного напряжения. Если провода нагрузки заканчиваются контактными штырями 7, то обеспечивается надежный контакт как с гнездами панельки 2 (выходами трансформатора), так и с контактами 14 (выходами диодного моста). К этим контактам можно подключать и защищенные от изоляции концы проводов.

Низковольтный паяльник, провода которого заканчиваются контактными штырями 7, невозможно сжечь, включив его по ошибке в розетку 220 В. Электролитический конденсатор С1 можно использовать любой. Его емкость и выходные напряжения трансформатора зависят от конкретных используемых нагрузок. Пульсации выходного напряжения не должны мешать работе нагрузки. Для работы электродвигателя постоянного тока и зарядки аккумулятора, вообще, нет необходимости в конденсаторе. Если пробивное напряжение конденсатора 17 не меньше максимально возможного, прикладываемого к нему, обеспечиваемого конкретно используемым трансформатором, то можно не опасаться его пробить, переставив штыри 7 на максимальное напряжение. А если пробивное напряжение меньше, то при эксплуатации конструкции нужно следить, чтобы не подать на него напряжение больше пробивного.

Вместо пробки 5 можно использовать в качестве подставки под трансформатор 1 пластину из толстой пластмассы. На нее устанавливаются трансформатор 1, а винт 3 вкручивают непосредственно в центральное отверстие этой пластины, т.е. он стягивает панельку 2 с пластиной, большей по площади, чем пробка 5, а следовательно, создающей на трансформатор меньшее давление при вставлении и вынимании штырей 7 и при переноске конструкции. Это давление можно не создавать вообще, если при переключениях нагрузки придерживать панельку 2 и аккуратно, без ударов, переносить конструкцию на другое место.

## Визитные карточки

### НВК ПП "АЕС"

Украина, Киев, ул. Красногвардейская, 5  
тел. (044) 552-40-05, факс 552-40-05

Производство: понижающие трансформ. 0,1 - 20 кВт по ТУ заказчика. Электромонтажные работы. Реализация: автоматы; изделия электроустановочные; кабели; прожекторы; измерительные приборы; изоляционные материалы; электродвигатели и пр.

### ООО "Атлантис"

Украина, Днепропетровск, ул. Шевченко, 37  
тел/факс (056) 770-20-40, 774-04-76  
http://www.atlantis.com.ua  
E-mail: office@atlantis.com.ua

**АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**  
- разработка систем АСУ ТП  
- поставка оборудования  
- программное обеспечение

### ЧП "Интекс-сервис"

Украина, 04201, Киев, Минское шоссе, 4  
тел.: (044) 432-24-13, 568-21-38

**Низковольтная аппаратура.**  
Реализация: автоматы, пускатели, кнопки, реле, контакторы, концевые выключатели, трансформаторы, электромагниты и др.

### АОЗТ "Перспектива"

Украина, 03187, Киев, пр. А. Г. Глушкова, 40  
тел/факс 266-25-61, 266-24-89  
E-mail: gals@kiev-page.com.ua

Разработка и поставка электронных АТС. Создание различных (в том числе бортовых авиационных и космических) устройств контроля управления и индикации. Разработка, модернизация и изготовление тренажеров транспортных средств и других сложных объектов управления.

### ООО "Конкорд"

Украина, 04074, Киев, ул. Десятяренко, 26/28  
тел/факс (044) 430-75-48

Кабельные и матовые муфты 0,4 - 10 кВт, концевые заделки, воронки, ролики, припои, наконечники, гильзы. Лента смоляная, ПВХ, х/б, стеклоплетя. Мастика, паяльные материалы. Пломбирователи, пломбы, тросики. Доставка.

### ТЕХНОКОМ

Украина, 61044, Харьков,  
пр. Московский, 257, оф. 905,  
тел/факс (0572) 16-20-07, 17-47-69,  
E-mail: tecom@velton.kharkov.ua

Авторизованный системный интегратор SCHNEIDER ELECTRIC.  
Разработка АСУ ТП "под ключ"; системы учета энергоресурсов; поставка оборудования (контакторы, пускатели, автоматы, частотные преобразователи и др.); измерительная техника для энергетики.

### ООО НПП "ЛОГИКОН"

Украина, 03150, г. Киев,  
ул. Анри Барбюса, 9А, к. 402  
тел./факс (044) 252-80-19, 261-18-03  
E-mail: info@logicon.com.ua  
http://www.logicon.com.ua

Поставка: источники питания и преобразователи, кабели, клеммы коммутационные и для печатного монтажа, приборные корпуса и стойки, электролюминесцентные и жидкокристаллические дисплеи, кнопки и матричные клавиатуры, кабельные вводы и сальники, датчики, промышленные контроллеры.

### Журнал "Электрик"

расширяет рубрику "Визитные карточки". В ней Вы можете разместить информацию о своей фирме, по льготным расценкам.

Расценки на публикацию информации с учетом НДС:

в шести номерах 180 грн.

в двенадцати номерах 300 грн.

Объем объявления: описание рода деятельности фирмы 15-20 слов, не более двух телефонных номеров, адрес электронной почты и Web-страницы.

### Жду ваших предложений

по тел. (044) 276-11-26, 271-44-97,

Менеджер отдела рекламы

Желобков Александр

## Малогабаритний блок живлення для електронних годинників

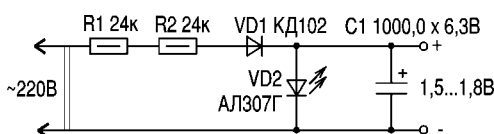
О.В.Тимошенко, с. Бігач, Чернігівська обл.

На даний час механічні годинники все більше витісняються електронними, які заповнили всі магазини і ринки.

Найчастіше ці годинники живляться від однієї батарейки чи акумулятора напругою 1,5 В, якої вистачає надовго, але все ж радіоаматори прагнуть в стаціонарних умовах жити годинники від мережі, щоб вони працювали роками.

Одна із схем такого БЖ описана в [1]. Але БЖ, який там описаний, має великі габарити в порівнянні з сучасними годинниками, його дуже важко розмістити навіть у настільному годиннику. І майже всі електронні годинники мають пластмасовий корпус, тому перехідний трансформатор стає непотрібним.

В свою чергу, я пропоную схему БЖ, який має деякі переваги (див. рисунок). Схема має мінімум деталей і дуже проста. Резистори R1 і R2 – баластні. В ролі випрямляча – діод VD1. Стабілізуючим елементом є світлодіод VD2 зеленого кольору, який є найбільш ефективним засо-



бом стабілізації низьких напруг [2]. Конденсатор C1 потрібний для згладжування пульсацій і для "підстраховки" годинника при короткочасному пропаданні напруги в мережі. Так, звичайний годинник з ЖК дисплеєм може працювати біля 30 хв на заряді конденсатора ємністю 1000 мкФ і ще 30 хв з вимкненим ЖК (при низькій напрузі живлення жидкокристалічний дисплей згасає, але генератор годинника ще деякий час працює).

**Деталі** БЖ повинні бути малогабаритними. Світлодіод VD2 типу АЛ307(В), АЛ102Б або інший [2]. Конденсатор C1 обов'язково повинен мати малий струм витікання, цим вимогам повністю відповідають конденсатори зарубіжного виробництва, наприклад "Maxcon", "Xenia", "S.H.C.", "Samsung" тощо.

Для більшої впевненості батарейку, яка знаходиться в корпусі годинника, залишають. Треба її тільки підімкнути до годинника через германієвий діод.

Якщо вихідна напруга БЖ відрізняється від потрібної, то треба спробувати підібрати світлодіод VD2, використовуючи інші світлодіоди різних кольорів і типів [2].

### Література

1. Рашитов О. Г. Блок питания для электромеханических часов типа "Слава" // Радиоаматор-Электрик.-2001.-№2.-С.3.

2. Алешин П. Светодиод в низковольтном стабилизаторе напряжения // Радио.-1992.-№12.-С.23-24.

## Блок питания для "больного" аккумулятора

С. Л. Дубовой, г. Санкт-Петербург

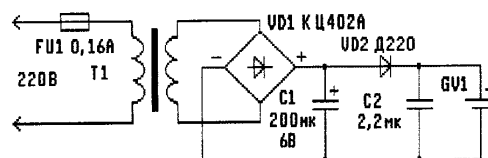
В материнских платах настольных компьютеров часто используют никель-кадмиевые аккумуляторы, состоящие из трех дисковых элементов. Когда компьютер выключен, аккумулятор питает системные часы и микросхему КМОП, содержащую внутренние установки компьютера. Со временем никель-кадмиевая батарея приходит в негодность. При выключении компьютера более чем на несколько часов батарея разряжается настолько, что системные часы начинают сильно отставать, сбиваются установки в микросхеме КМОП.

К сожалению, бывает очень трудно приобрести новый аккумулятор – компьютерные фирмы обычно их не продают. Для материнской платы можно приспособить аккумулятор от радиотелефона, но такой аккумулятор может стоить дороже, чем аналогичная материнская плата! Использовать для сборки новой батареи отечественные дисковые аккумуляторы Д-0,06 и другие нецелесообразно, поскольку их электроды быстро окисляются и нарушаются контакты между элементами в батарее.

Самый старый аккумулятор можно "оживить" с помощью простейшего сетевого блока питания (см. рисунок). Его сборка займет намного меньше времени, чем поиск нового аккумулятора.

Блок питания работает следующим образом. Сетевое напряжение через предохранитель FU1 подается на первичную обмотку трансформатора Т1. Трансформатор понижает напряжение до 3,5 В. Далее оно выпрямляется диодным мостом VD1 и подается на простейший стабилизатор, состоящий из конденсаторов C1, C2 и диода VD2. Выход стабилизатора подключен к аккумулятору материнской платы GV1. Избыточной зарядки аккумулятора не происходит, так как напряжение на выходе стабилизатора (около 3,5 В) несколько ниже номинального напряжения полностью заряженного аккумулятора. Таким образом, блок питания, постоянно включенный в сеть, не позволяет напряжению на аккумуляторе опуститься ниже 3,5 В. При пропадании сетевого напряжения диод VD2 препятствует разряду аккумулятора через имеющийся утечку конденсатор C1. Блок питания очень хорошо "уживается" с внутренним зарядным устройством компьютера.

**Детали.** Диодный мост VD1 – любой из серий КЦ402, КЦ405 и др., конденсатор C1 – любой электролитический, например К50-16. Диод VD2 – Д220, Д226,



КД105 и др. Конденсатор C2 – бумажный или металлопленочный, например К73-17 и др. Для схемы подойдет любой малогабаритный трансформатор, имеющий сетевую обмотку на 220 В и вторичную на 3,5 В. С небольшой переделкой можно использовать "кадровые" трансформаторы от старых ламповых телевизоров, например ТВК-110-ЛМ-К или ТВК-110-Л1. У такого трансформатора измеряют сопротивление всех обмоток. Обмотку с наибольшим сопротивлением осторожно подключают к сети. Если трансформатор не гудит и не греется, он пригоден к работе.

Измеряют напряжение на всех вторичных обмотках. Если не окажется обмотки с нужным напряжением, то на каркас трансформатора наматывают любым изолированным проводом пробную обмотку, содержащую 30...40 витков. Часто это удается сделать даже без разборки магнитопровода. Измеряют напряжение на пробной обмотке и рассчитывают число витков новой вторичной обмотки исходя из того, что напряжение пропорционально числу витков. Магнитопровод разбирают, удаляют ненужные обмотки и наматывают новую вторичную обмотку проводом ПЭЛ диаметром около 0,2 мм. После сборки блока питания измеряют напряжение на выходе. В случае необходимости его можно немного уменьшить, включив последовательно с диодом VD2 еще один диод.

Детали устройства монтируют внутри компьютерного блока питания (если позволяет место) или в отдельном металлическом кожухе, расположенном внутри системного блока. Металлический кожух предпочтительнее пластмассового с точки зрения пожарной безопасности, так как блок питания включен в сеть постоянно, без присмотра.

# ДОРАБОТКА СВАРОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТДЭ-101У2

А.Татаренко, г.Киев

Выпускаемый промышленностью трансформатор ТДЭ-101У2 (в дальнейшем аппарат) удобен в работе, имеет малые габариты и массу. Аппарат хорошо рабо-

тует с электродами диаметром 2-3 мм. Наряду с этими достоинствами он имеет и ряд недостатков, а именно: отсутствие выключателя сетевого питания, а са-

мое главное - режим ПН аппарата составляет всего 20% [1]. При превышении ПН аппарат начинает перегреваться и может выйти из строя. Это ограничивает условия эксплуатации аппарата.

С предлагаемой доработкой аппарат работает уже более 4 лет. Анализ причин неудовлетворительной работы аппарата показал, что основной причиной малого режима ПН является перегрев обмоток и железа сердечника. Для устранения этого недостатка в нижнюю часть аппарата на металлических стойках монтируют вентилятор типа ВН-2 или ВВФ-71м, работающий на нагнетание воздуха. Таким образом производится принудительное охлаждение сердечника и обмоток трансформатора. Крепят вентилятор на четырех металлических стойках винтами М3 или М4 (рис.1). Подключают вентилятор параллельно трансформатору (рис.2).

На верхней крышке в свободном месте устанавливают автоматический выключатель типа АЕ1031-2УХЛ-25 А, который включает аппарат и обеспечивает токовую защиту. Обмотки трансформатора намотаны проводом (1-2, 3-4) и шиной (7-8, 9-10) типа ПДСК. Критичная температура для этого провода более 130°C. В аппарате установлена схема терморегулятора, описанная в [2] с доработками. Схема позволяет контролировать температуру обмоток, железа сердечника аппарата, радиаторов силовых тиристоров от +30 до +80°C, устанавливать температуру нагрева аппарата, защищая его от перегрева.

Схема усовершенствованного аппарата показана на рис.3. Термодатчиками в схеме служат транзисторы VT2, VT3, VT4. На транзисторах VT2 - VT5 собрано пороговое устройство, которое срабатывает при определенной температуре корпусов транзисторов VT2, VT3, VT4 вследствие увеличения коллекторного тока транзистора при повышенной температуре корпуса. Благодаря наличию положительной обратной связи через резистор R24, процесс открывания транзисторов протекает лавинообразно. При этом срабатывает реле К1, своими контактами отключает питание реле К2, обесточивая сварочный трансформатор. При снижении температуры до установленного значения устройство автоматически возвращается в исходное состояние, включая сварочный трансформатор. Порог срабатывания регулируют резистором R17 в пределах +30...+80°C.

**Детали.** Транзисторы VT2, VT3, VT4 типа МП39 - МП42, VT5 - типа КТ503, КТ815. Реле К1 - типа РЭС8, РС4.590.063, РЭС9 или любое аналогичное. Важно, чтобы оно устойчиво срабо-

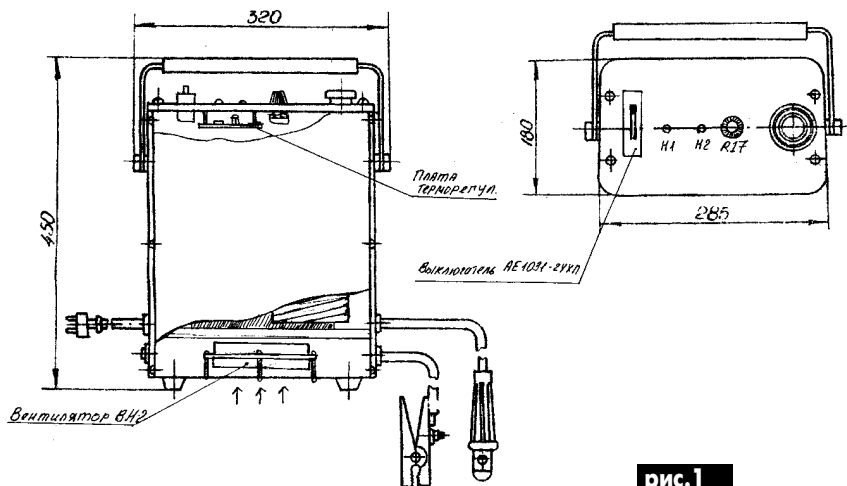


рис.1

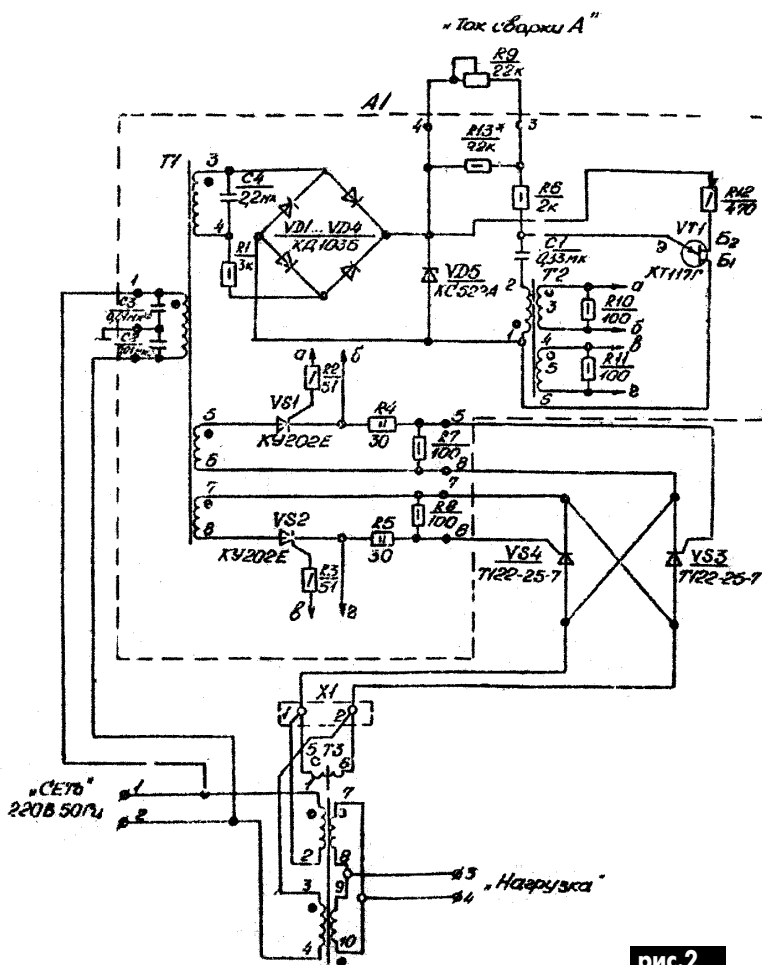


рис.2

тивало при напряжении от 6 В, а ток и напряжение коммутации были 0,05 А и 220 В. Реле К2 - типа РП-21-УХЛ 45 или аналогичное с соответствующим током коммутации. Светодиоды Н1 - красный типа АЛ336А,Б,К, Н2 - зеленый типа АЛ336В,Г,И. Трансформатор Т4 - малогабаритный с выходным напряжением

ют "шляпкой" через прокладку из стеклоткани или слюды к обмотке сварочного трансформатора, VT3 - к железу сердечника, VT4 - к радиатору силового транзистора VS1 или VS3.

При этом необходимо обратить внимание на минимальную толщину диэлектрической прокладки и обеспечение надеж-

вания температуры нагрева аппарата, подогревая "шляпку" транзистора VT2 бытовым феном, и контролируют пороги срабатывания термометром. Затем приклеивают термодатчики и проверяют работу схемы. На верхнем пределе регулирования температуры +80°C при температуре окружающей среды +25°C

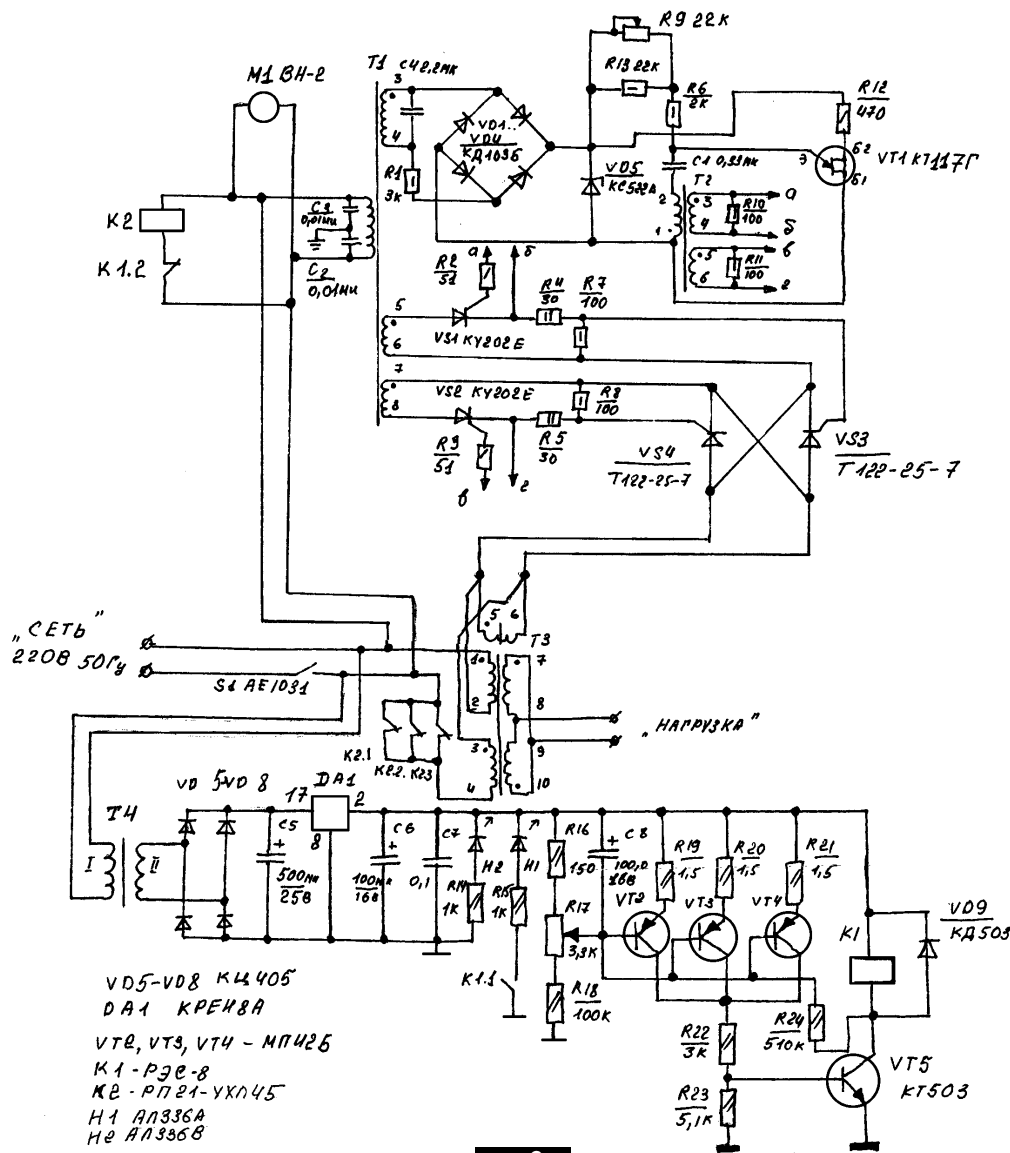


рис.3

12-15 В, обеспечивающий ток до 500 мА. Устройство собирают на плате из стеклотекстолита (размеры платы зависят от типов используемых реле) и монтируют на стойках под верхней крышкой корпуса. Трансформатор Т4 устанавливают в свободном месте внутри корпуса. Светодиоды Н1 и Н2, резистор R17 выводят на верхнюю крышку аппарата. Светодиод Н2 - индикатор включения питания, Н1 - индикатор перегрева. Микросхему DA1 следует установить на радиатор площадью 10 см<sup>2</sup>. Транзистор VT2 приклеива-

ют электрической изоляцией между корпусом транзистора и местом контроля температуры. Монтаж транзисторов, резисторов, светодиодов выполняют проводом МГТФ-0,15, монтаж питающего трансформатора Т3 - проводом МГШВ-0,35. Контакты реле К2 подключают параллельно и подсоединяют к сварочному трансформатору проводом МГШВ площадью поперечного сечения 1,5-2 мм<sup>2</sup>. Правильно собранная схема начинает работать сразу. Резисторами R16 и R18 устанавливают пределы регулиро-

аппарат должен отключаться после сожжения 10-15 электродов диаметром 2 мм. Включают аппарат через 7-10 мин (это зависит от скорости сварки или резки, типа электрода, напряжения питающей сети (190-225 В)).

Литература

1. Трансформатор для дуговой сварки ТДЭ-101У2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
2. Справочник по схемотехнике для радиолюбителя/Под ред. В.П.Боровского. -К.:Техніка, 1987.



# БЕСЕДЫ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

## Электричество - от простого к сложному

(Продолжение. Начало см. в РЭ 5-12/2000;1-5/2001)

А.Л.Кульский, г.Киев

Продолжая знакомство с колебательными LC-контурами, отметим, что если хотя бы один из элементов (безразлично L или C) сделать переменным, то резонансная частота колебательного контура станет регулируемой в широких пределах.

Конструкции ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ колебательных контуров различны. В одних случаях переменной делают индуктивность (при постоянной емкости), в других используют конденсатор переменной емкости, а индуктивность остается постоянной.

Удобнее изменять емкость, что и осуществлялось достаточно сложным и ненадежным в эксплуатации устройством - КОНДЕНСАТОРОМ ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТИ с подвижными и неподвижными обкладками. Каждая из таких обкладок состоит из ряда пластин. Подвижные пластины, входящие в зазоры между неподвижными, укрепляют на одной оси.

Поэтому, вращая ось, подвижные пластины можно ввести в зазор и вывести из него, изменяя таким образом площадь рабочей поверхности, а следовательно, емкость конденсатора. Подвижные пластины называются ротором, а неподвижные - статором.

В современных конструкциях конденсаторы переменной емкости (КПЕ) почти не применяются, ввиду их ненадежности, капризности, значительных габаритов и еще ряда недостатков.

Функции КПЕ принял на себя миниатюрный полупроводниковый прибор, получивший наименование ВАРИКАП. Он является одной из разновидностей полупроводникового диода.

А что такое полупроводниковый диод?

Полупроводники занимают промежуточное место между проводниками и изоляторами (диэлектриками) с точки зрения величины удельного сопротивления. Но в полупроводниках имеются особенности, которые заставили исследователей сделать предположение об особом механизме проводимости.

В частности, с ростом температуры электрическая проводимость полупроводников увеличивается, в то время как в металлах она уменьшается!

Но важнейшее из свойств полупро-

водников - это возможность ИЗМЕНЯТЬ СВОЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ под воздействием ряда факторов: температуры, освещения, радиоактивного излучения, магнитного поля и т.д. Кроме того, проводимостью полупроводников можно управлять!

В таких полупроводниках как ГЕРМАНИЙ и КРЕМНИЙ, характерным является существование регулярной кристаллической решетки. В ней определенное сочетание атомов ПОВТОРЯЕТСЯ В ЛЮБОМ НАПРАВЛЕНИИ. Вот почему можно говорить о структурах ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЯЧЕЕК кристаллической решетки. В таких структурах каждый атом окружен че-

тырьмя соседними атомами, причем все они находятся друг от друга на одинаковых расстояниях или ЭКВИДИСТАНТНО.

Соответственно, все четыре внешних электрона образуют четыре ковалентные связи с четырьмя другими электронами, КАЖДЫЙ ИЗ КОТОРЫХ ПРИНАДЛЕЖИТ ОДНОМУ ИЗ БЛИЖАЙШИХ эквидистантных атомов!

Все атомы в решетке испытывают тепловое воздействие, некоторые ковалентные связи разрываются, и один из электронов бывшей пары отправляется в путешествие по кристаллу. При комнатной температуре подобное нарушение ковалентной связи, например, для германия, характеризуется таким соотношением: ДВА электрона на  $10^9$  атомов!

В одном грамме германия содержится  $10^{22}$  атомов, поэтому в любой момент при комнатной температуре в нем содержится около ДВУХ ТРИЛЛИОНОВ свободных электронов! Вот это и является причиной СОБСТВЕННОЙ ПРОВОДИМОСТИ полупроводников. Величина собственной проводимости существенно зависит от температуры.

Однако, пусть и в ничтожно малых количествах, но даже в самых чистых монокристаллах кремния и германия содержатся атомы ПРИМЕСЕЙ. В германии количество примесных атомов должно быть не более одного на миллиард, а в кремнии еще почти на два порядка меньше!

Это вызвано тем, что посторонние примеси (неконтролируемые) не должны оказывать существенное влияние на собственную проводимость. Но самое интересное начинается тогда, когда в такие сверхчистые полупроводники ИСКУССТВЕННО добавляют или ТРЕХВАЛЕНТНЫЕ атомы индия, или ПЯТИВАЛЕНТНЫЕ атомы мышьяка.

На **рис.41,а** проказано двухмерное изображение полупроводника, не имеющего примесей. На **рис.41,б** показан случай, когда в кремниевую (или германиевую) кристаллическую решетку введено небольшое количество ЛЕГИРУЮЩЕЙ примеси (трехвалентный индий).

При этом образуется незаполненная связь, поскольку три валентных электрона индия формируют только три кова-

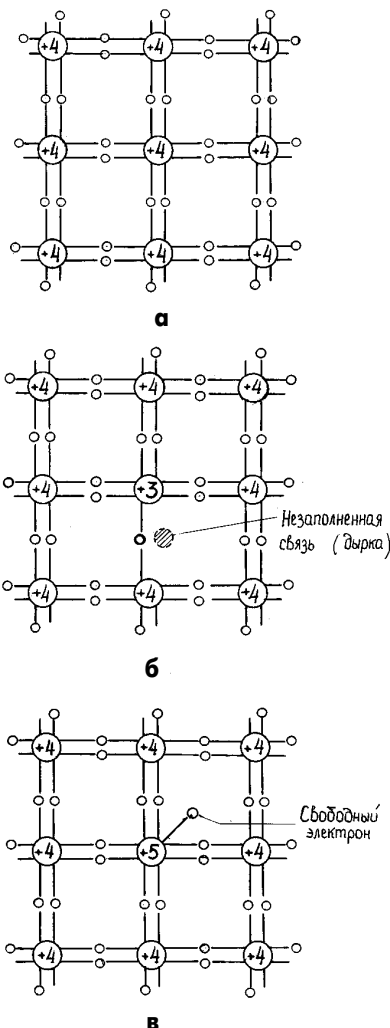


рис.41

лентные связи с соседними атомами. В этом случае принято называть легирующую примесь - акцепторной, а легируемый такой примесью германий или кремний - полупроводником Р-ТИПА.

На **рис.41,в** представлен случай, когда в кристаллическую решетку внедрен пятивалентный элемент, например, мышьяк или сурьма.

Здесь четыре из пяти валентных электронов донорной легирующей примеси, заполнив все ковалентные связи с соседними атомами, оставили "незанятым" пятый электрон, который, таким образом, становится свободным. Такой полупроводник является полупроводником N-ТИПА.

Вполне можно утверждать, что Р-тип характеризуется ДЫРОЧНОЙ проводимостью, а N-тип - ЭЛЕКТРОННОЙ. Особо отметим, что, например, добавка одного лишь примесного атома на каждые сто миллионов атомов кремния уменьшает удельное сопротивление кремния в 24000 раз!...

В целом кремний (или германий) как Р-типа, так и N-типа остается электрически нейтральным, поскольку число протонов и электронов в обоих случаях равно! Так, в кремнии (германии) N-типа свободные электроны уравниваются ядрами, содержащими пять протонов. А для Р-типа - ядрами с тремя протонами.

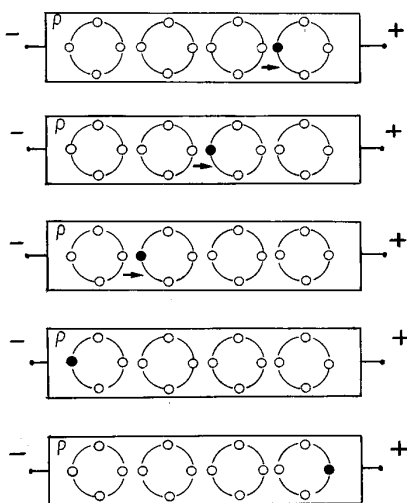
На **рис.42** представлены различные фазы ДЫРОЧНОЙ проводимости. Это когда к полупроводниковому кристаллу Р-типа приложено напряжение. Под действием приложенного ИЗВНЕ напряжения дырка (положительный заряд) перемещается от положительного полюса к отрицательному.

В последнем из рисунков электрон, поступивший от внешнего источника электрического тока, заполняет ближайшую к отрицательному полюсу дырку. Одновременно другой электрон покидает ближайший к положительному полюсу внешнего источника атом. При этом на месте этого электрона возникает новая "дырка" и весь процесс повторяется.

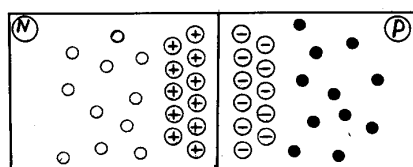
Таким образом, когда электроны перемещаются внутри кристалла по направлению к положительному полюсу внешнего источника напряжения, "дырки" перемещаются к отрицательному.

И при этом ведут себя так, как будто являются реальными частицами (как электроны), но несущими положительный заряд! Самое любопытное происходит при непосредственном контакте между собой областей полупроводников N-типа и Р-типа.

Такая конфигурация известна под названием PN-переход. На физических эффектах, имеющих место при контактах между полупроводниками Р-типа и N-типа, а также на контактах металл - полу-



**рис.42**



- ⊕ - Ионизированный донор
- ⊖ - Ионизированный акцептор
- - Электрон
- - Дырка

**рис.43**

проводник, основываются принципы действия подавляющего большинства современных электронных компонентов. На границе раздела между двумя различными по типу электропроводности полупроводниками возникают ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ БАРЬЕРЫ. Эта зона разграничения носит название PN-перехода. Обычно его реальная толщина составляет десятые доли микрона и меньше. На **рис.43** показано схематическое изображение PN-перехода.

При формировании PN-перехода отрицательно ионизированные акцепторы "оттолкнул" от перехода свободные электроны области N. По этой же причине положительно ионизированные доноры будут препятствовать "дыркам" области P приближаться к PN-переходу, поскольку одноименные заряды отталкиваются.

Помимо этого, доноры N-области "притягивают" к переходу электроны из области P, в результате чего в районе собственно перехода избыток дырок отнюдь не наблюдается. Иными словами, в прилегающем к переходу объеме области P все акцепторы будут заполнены, то есть ионизированы отрицательно. Точно так же в области N все доноры вблизи перехода потеряют по электрону, став положительно заряженными ионами, составляющими костяк кристаллической решетки.

Свободные носители электрического заряда (электроны и дырки) в районе перехода отсутствуют, и PN-переход превращается в некое подобие барьера между двумя областями (соответственно P и N) полупроводникового кристалла.

Так образуется потенциальный барьер! Подавая на подобный переход внешнее напряжение, можно говорить о двух случаях.

В первом случае положительный полюс внешнего источника напряжения соединен с областью P, а отрицательный - с областью N. Тогда в этой области N свободные электроны полупроводника будут "отталкиваться" в сторону перехода электронами, поступающими от источника напряжения. Они пересекут переход и, достигнув области P, начнут заполнять "дырки", которые положительный потенциал источника "подогнал" к этому переходу.

Если внешнее напряжение превосходит некоторый потенциал, различный для германия и кремния (соответственно 0,3 и 0,7 В), можно утверждать, что положительный полюс источника будет притягивать к себе электрон всякий раз, когда другой электрон преодолет переход, проникнув из области N в область P.

Но электрон, захваченный полем внешнего источника, создает "дырку", которая заполнится тем электроном, который будет ближе к переходу. На его (электрона) месте, в свою очередь, возникнет новая "дырка", которая будет передвигаться в сторону перехода. Таким образом, в этом случае через PN-переход будет течь ток!

Теперь рассмотрим второй случай, когда положительный полюс внешнего источника напряжения соединен с областью N, а отрицательный - с областью P. Теперь электроны отрицательного полюса источника напряжения "притянут" дырки области P еще ближе к периферийной области кристалла полупроводника. А к противоположному концу кристалла положительный полюс источника питания "притянет" свободные электроны.

Следовательно, при этом ни электроны, ни "дырки" не будут пересекать PN-переход. Величина потенциального барьера значительно возрастает и никакого тока не будет! Если подходить к вопросу строго, то в этом случае через переход будет протекать очень незначительный обратный ток.

Его наличие обусловлено именно тем, что исходный германий (или кремний) содержит остаточные, неконтролируемые примеси. Вот их-то электроны и "повинны" в наличии обратных токов. Таким образом, PN-переход называют еще ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ ДИОДОМ.

*(Продолжение следует)*

# УПРАВЛЕНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ НАГРУЗКОЙ

В.Е.Тушнов, г.Луганск

Несложное устройство, схема которого приведена на **рис.1**, можно успешно использовать для управления трехфазной нагрузкой. Уровень помех, создаваемых устройством, снижен за счет синхронизации времени открытия симисторов по каждой из фаз с моментом перехода напряжения через нуль. Управление по всем трем фазам осуществляется совместно с помощью последовательно включенных оптронов. Однако при раздельной подаче управляющих сигналов на оптроны возможно независимое управление нагрузкой в каждой из

фаз. Если не предполагается раздельного управления по фазам, можно обойтись одним оптроном, подключив его ножку к выводам 12 всех микросхем.

Источник питания устройства напряжением около 10 В (при максимальном выходном токе 18...20 мА) образуют диоды VD1, VD2, стабилитрон VD3, конденсаторы C1...C3 и резистор R1. Для того чтобы симисторы открывались в моменты, близкие к переходу напряжения соответствующих фаз через нуль, используют формирователи импульсов, синхронизированные частотой сети и выпол-

ненные на транзисторах VT1, VT2 и резисторах R2...R4. При положительном полупериоде сетевого напряжения транзистор VT1, включенный по схеме с общим эмиттером, открыт и насыщен - напряжение на его коллекторе близко к эмиттерному (транзистор VT2 закрыт). При отрицательном полупериоде закрыт транзистор VT1, но открыт и насыщен транзистор VT2, включенный по схеме с общей базой, и напряжение на его коллекторе имеет тот же знак и амплитуду. В моменты, когда напряжение в соответствующей фазе по абсолютному значе-

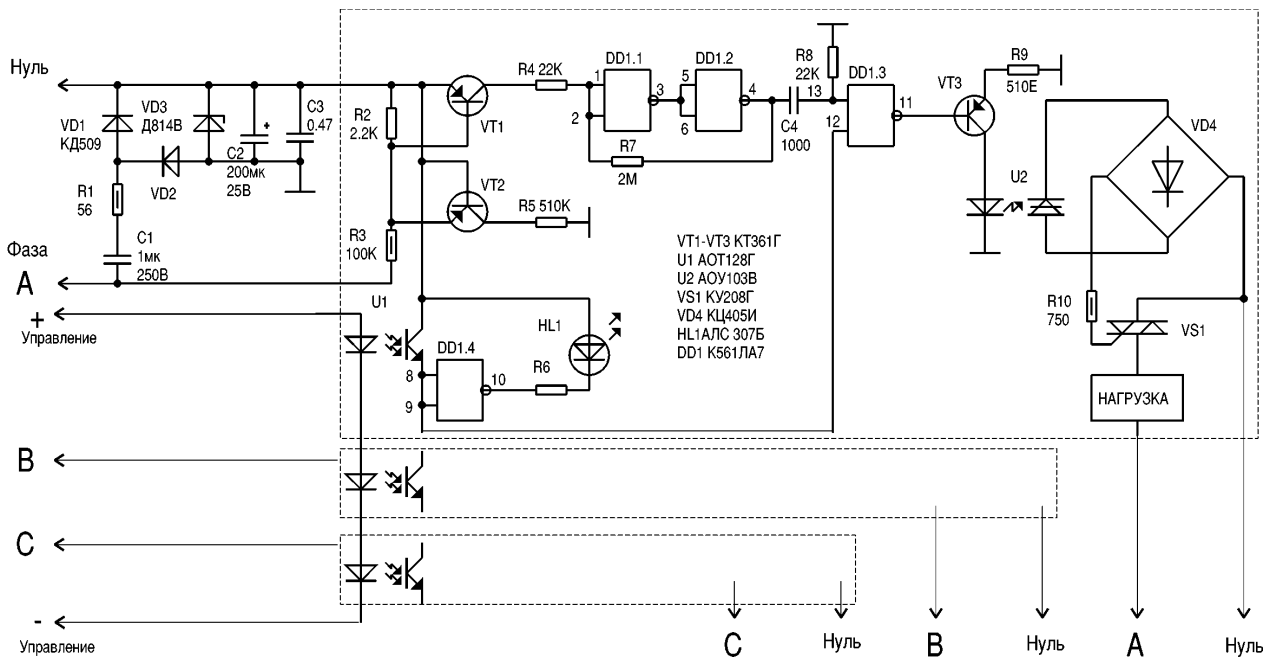


рис.1

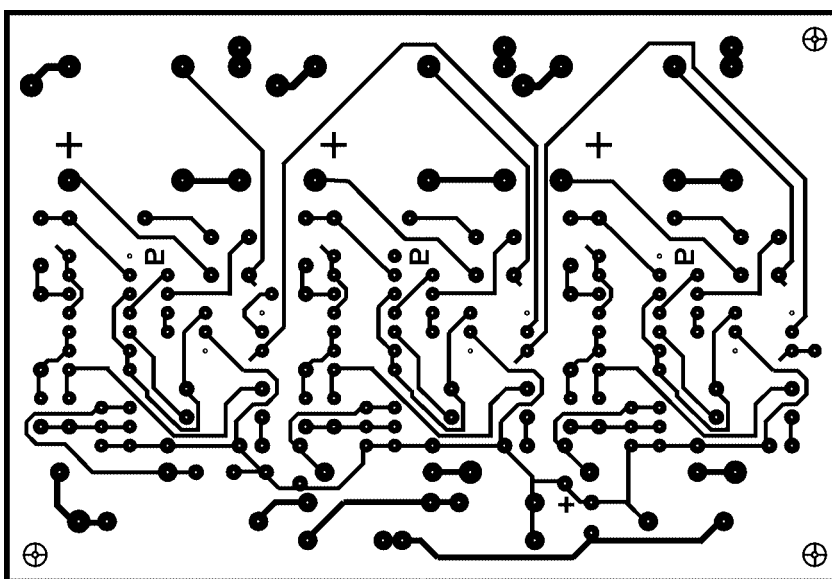


рис.2

нию меньше 40...50 В, оба транзистора закрыты, и напряжение на их коллекторах близко к напряжению на выводах 7 микросхем. В результате на входе элемента DD1.3 формируются импульсы частотой 100 Гц, фронты которых практически совпадают с моментами перехода фазового напряжения через нуль. На вывод 12 элемента DD1.3 приходит сигнал с оптрона U1, и, таким образом, на выходе элемента формируются соответствующие управляющие импульсы.

Устройство смонтировано на плате из фольгированного стеклотекстолита размерами 110x75 мм (**рис.2**). Плюс питания на выводы 14 микросхем подключен отдельным проводником. В устройстве использованы резисторы МЛТ, конденсаторы любые малогабаритные на соответствующее напряжение. Транзисторы KT361 можно заменить на KT502. Вместо оптронов АОТ128 подойдут практически любые транзисторные. Оптоны АОУ103В можно заменить на АОУ115В, однако в этом случае придется изменить рисунок печатной платы.

# Передпусковий контроль опору ізоляції обмоток статора асинхронного двигуна

К.В. Коломойцев, Ю.Ф. Романюк, Р.М. Коломойцева, м. Івано-Франківськ

Як відомо, пошкодження ізоляції обмоток трифазних асинхронних двигунів (АД) є однією з найбільш частих причин виходу їх з ладу. В електричних мережах з глухозаземленою нейтраллю стан ізоляції АД, як правило, контролюється періодично за допомогою мегомметра, тобто автоматичний контроль ізоляції АД перед кожним пуском не здійснюється, що при зволоженні та забрудненні ізоляції обмоток може призвести до відмови двигуна.

Автори даної статті пропонують нескладний пристрій автоматичного передпускового контролю опору ізоляції обмотки статора низьковольтного АД відносно землі (корпуса) в системі з глухозаземленою нейтраллю, при цьому ручний контроль ізоляції мегомметром можна не здійснювати. Пристрій забезпечує два режими роботи АД: звичайний пуск двигуна без контролю опору ізоляції та пуск АД з попереднім контролем стану ізоляції. В останньому випадку при зниженні опору ізоляції обмоток АД до недопустимого значення пуск його блокується.

Запропонований пристрій відрізняється від попередньої розробки авторів [1] економічністю, відсутністю газорозрядної лампи, яка реагує на струм витoku через ізоляцію, відсутністю трифазного випрямляча, наявністю аналогової мікросхеми, яка використовується як компаратор. Все це забезпечує значно більшу надійність роботи пристрою, зменшує споживання ним електроенергії, а також його масу, габарити та вартість.

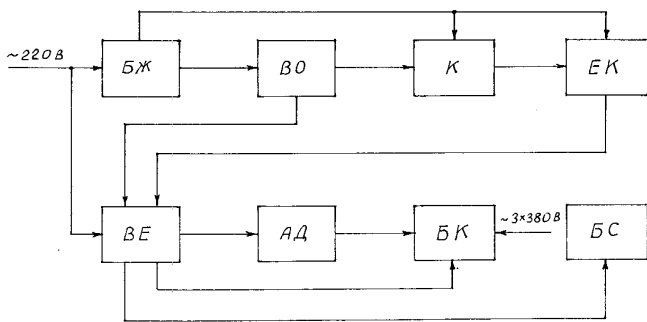


рис.1

Структурна схема передпускового контролю опору ізоляції обмоток статора АД показана на **рис.1**. Вона складається з блока живлення БЖ, вимірювального органа ВО, компаратора і електронного ключа ЕК, виконавчого елемента ВЕ, блока сигналізації БС, блока керування електродвигуном БК та асинхронного двигуна АД.

Принципова схема пристрою приведена на **рис.2**. Блок живлення пристрою зібраний по безтрансформаторній схемі. Напряга на нього подається безпосередньо від однієї з фаз трифазної мережі живлення АД через кнопку "ПУСК" схеми керування двигуном і обмежувальний опір, функцію якого виконує конденсатор С1, шунтований резистором R11. Цей резистор забезпечує розряд конденсатора С1 після вимкнення АД. Випрямляч блока живлення зібраний по однопівперіодній схемі на діоді VD4. Діод VD3 забезпечує перезаряд конденсатора С1, а стабілітрон VD2 і конденсатор фільтра С2 - стабілізацію випрямленої напруги та зменшення рівня її пульсацій. Баластний резистор R12 зменшує кидок струму через конденсатори С1, С2 при подачі напруги на блок живлення кнопкою "ПУСК".

Вимірювальний орган складається з двох подільників напруги. Перший з них зібраний на потенціометрі R2, за допомогою якого встановлюється опорна напруга на інверсному вході 9 мікросхеми DA1, яка виконує функцію компаратора. Другий подільник напруги зібраний на резисторах R1, R14 та опорі ізоляції R13 обмоток статора АД відносно корпусу. Спад напруги на опорах R1 та R14, що залежить від стану ізоляції АД, подається на прямий вхід 10 мікросхеми DA1.

Електронний ключ виконаний на транзисторі VT1 та тиристорі VS1. Транзистор використовується як підсилювач сигналу з виходу 5 мікросхеми DA1.

Виконавчим елементом пристрою є реле Р, напруга на обмотку якого подається при пуску АД від мережі живлення через тиристор VS1.

Конденсатор С3 забезпечує затримку при вимкненні електронного ключа та виконавчого елемента під час пуску АД на час згасання перехідного процесу в ізоляції обмотки двигуна.

Контакти К1.2 реле К1 заведені в коло котушки магнітного пускача К після кнопки "ПУСК" блока керування двигуном АД, контакти К1.1 ввімкнені в коло лампи HL блока сигналізації, а контак-

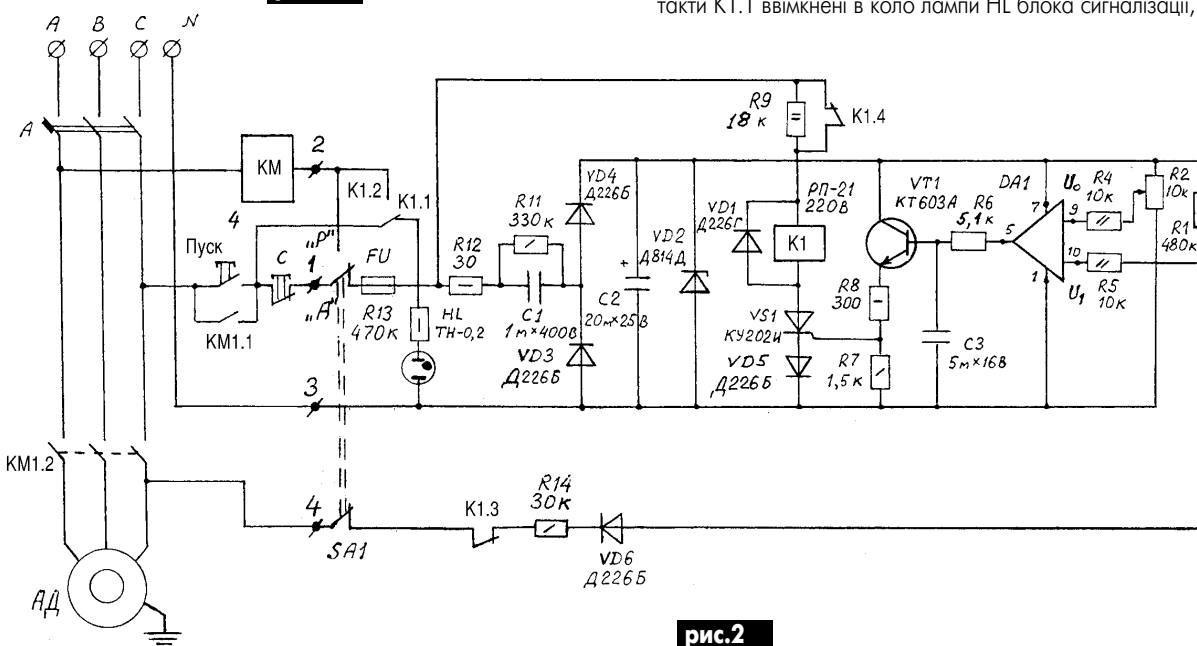


рис.2

ти К1.3 - в коло вимірювального органа послідовно з резистором R14. Контакти К1.4 шунтують на період пуску АД баластний резистор R9, який зменшує споживання електроенергії пристроєм при роботі двигуна. Діоди VD1, VD5 і VD6 служать для захисту елементів схеми.

Двополюсний двопозиційний перемикач SA1 забезпечує вибір режиму роботи АД при пуску - звичайний пуск без контролю опору ізоляції або пуск з автоматичним контролем опору ізоляції. На рис. 2 контакти перемикача SA1 знаходяться в положенні автоматичного контролю опору ізоляції.

Пристрій працює таким чином. При натисканні кнопки "ПУСК" магнітного пускача (контактора) подається напруга на блок живлення і автоматично здійснюється контроль опору ізоляції обмоток АД відносно землі (корпуса АД) через нормально замкнений контакт К1.3 реле К1. При нормальному стані ізоляції обмотки АД напруга U1 на прямому вході 10 компаратора DA1 є більшою від його опорної напруги U<sub>о</sub> на інверсному вході 9, і на виході компаратора 5 з'являється напруга, яка через резистор R6 з затримкою часу подається на базу транзистора VT1. Останній відкривається і подає живлення через резистор R8 на керуючий електрод тиристора VS1. Тиристор відкривається і на котушку реле К1 через контакти К1.4 подається напруга мережі живлення. При цьому реле К1 спрацьовує, його контакти К1.2 в колі котушки магнітного пускача замикаються і дають дозвіл на пуск АД, контакти К1.3 розмикають вимірювальне коло, а контакти К1.1 - коло сигналізації (коло лампи НЛ). Магнітний пускач спрацьовує і своїми блок-контактами KM1.1 шунтує кнопку "ПУСК", а контактами К1.2 вмикає АД.

При зниженому опорі ізоляції обмоток АД на вхід 10 компаратора DA1 подається напруга U1 < U<sub>о</sub>, і тому на виході компаратора напруга відсутня, транзистор VT1 і тиристор VS1 залишаються закритими, а обмотка реле К1 знеурмує. Пуск АД у даному випадку блокується нормально розімкненими контактами К1.2, при цьому засвічується контрольна лампа НЛ, яка сигналізує про незадовільний стан ізоляції обмоток АД.

**Деталі.** У пристрої використовують резистори типу МЛТ, змінний резистор R2 типу СПЗ-16а або СП5-2, діоди VD1, VD3...VD6 типу Д226Б. Замість стабілітрона VD2 типу Д814Д можна використати Д814Г або КС512А. У крайньому випадку - з'єднати послідо-

вно два стабілітрони типу КС156А з напругою стабілізації 5,6 В. Оксидні конденсатори C2 і C3 типу К50-6 на напругу 25 і 16 В відповідно. Конденсатор C1 типу К73-17 1 мкФ, 400 В може бути замінений на відповідний конденсатор типу МБГО-2. Транзистор VT1 типу КТ603 можна використати з будь-яким буквеним індексом або замінити на КТ608, КТ3117А. Мікросхема DA1 серії К140УД2А. Перемикачем SA1 служить звичайний двопозиційний тумблер. Реле К1 - малогабаритне типу РП-21 на напругу 220 В змінного струму. Затискачами 1...4 пристрій приєднують до схеми керування електродвигуном АД, фази "С" АД і нейтралі мережі N.

Всі деталі пристрою, крім тумблера, змонтовані на окремій друкованої платі розміром 90x50 мм товщиною 1 мм, яку кріплять до основи корпуса звичайного проміжного реле змінного струму типу РП23 трьома шпильками. Замість корпуса реле РП23 можна використати корпус реле РП24 або РП25.

Налагодження пристрою проводиться таким чином. Затискачами 1-3 пристрій під'єднують через вимикач до мережі змінного струму напругою 220 В. Затискач 4 через змінний резистор типу СП з опором 1...1,5 МОм з'єднують з клеюю 3, яка приєднана до нейтрального проводу мережі.

Заздалегідь за допомогою тестера встановлюють опір резистора СП рівним 500 кОм, який імітує мінімально допустимий опір ізоляції АД. Вимикачем подають живлення на затискачі 1-3 пристрою і встановлюють реохорд резистора R2 в положення, при якому реле К1 спрацьовує. При зменшенні опору R2 реле К1 повинно відкритися. На цьому налагодження пристрою закінчується.

Даний пристрій, на відміну від попереднього [1], характеризується кращою стабільністю роботи, підвищеною надійністю, є достатньо простим у виконанні та налагодженні.

Пристрій випробуваний в лабораторних умовах. Впровадження вказаного пристрою на виробництві дасть змогу значно зменшити вихід з ладу асинхронних двигунів при зниженні опору ізоляції обмоток.

#### Література

1. Коломойцев К.І., Романюк Ю.Ф., Здановський В.Г., Коломойцева Р.М. Автоматичний контроль ізоляції обмоток асинхронного двигуна при його пуску // *Енергетика і електрифікація*. - 1995. - №1. - С. 34-36.

## БЕСКОНТАКТНЫЙ ИНДИКАТОР ФАЗЫ НА СЛУЧАЙ АВАРИИ

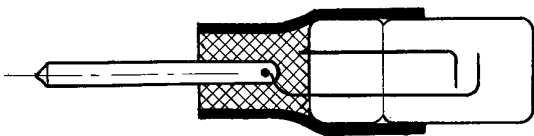
И.П.Семенов, г.Дубна, Московская обл., Россия

С.Л.Дубовой, г.Санкт-Петербург, Россия

Если неоновую лампу взять за стеклянный корпус и коснуться одним из ее выводов фазного провода электросети, лампа начинает светиться. Ток, вызывающий свечение, протекает через электрическую емкость между пальцами и внутренними электродами лампы. Этот эффект можно использовать для изготовления простейшего индикатора фазного провода.

К одному из выводов лампы припаивают металлический штырь. Следует выбрать тот вывод, при использовании которого получается наиболее яркое свечение. На цоколь лампы надевают слегка растянутую ПВХ трубку. Полость в трубке с помощью соломинки от коктейля заполняют эпоксидным клеем (см. рисунок).

В индикаторе можно использовать самые разнообразные малогабаритные лампы: ТН-0,5; МН-6, тиратрон МТХ-90 и др. Чувствительность индикатора несколько ниже, чем у традиционного индикатора с резистором.



Бывают в жизни ситуации, когда необходимость заставляет принимать порой необычные решения. Так и случилось в моей практике много лет назад...

Вышел из строя трехфазный генератор переменного тока - сгорела обмотка возбуждения. Кругом тайга, до мастерской около 50 км, пока перемотают, пропитают, высушат обмотку, а на тебя давят со всех сторон - дай свет!

Выход подсказал опытный инженер-электрик. Срочно демонтировали пятикиловаттный электромотор с циркулярной пилы, сменили шкив, и вот зашелестел приводной ремень локомотива, дрогнули стрелки приборов и долгожданные 380 В на распределительных щитах... Кажется бы ничего особенного. Но электромотор был обычный с короткозамкнутым ротором. Какой из него генератор? Но если обороты поднять выше номинальных в два раза, а нагрузку дать в два раза ниже номинальной мощности, то электромотор вполне справится с необычной для него задачей. Если сразу такой генератор не возбуждается, то дайте короткий импульс постоянного тока от аккумулятора, подсоединив один конец на фазу, а второй - на нулевую точку обмоток.

И еще. Генератор не боится короткого замыкания - просто исчезает напряжение. Точно так же он поведет себя при перегрузке.

# АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ СЕРИИ ДА

Трехфазные (ДАТ) и однофазные (ДАО) двигатели серии ДА отличаются высокой степенью использования объема, наличием встроенных камер-аккумуляторов для подпитки подшипников жидкой фазой высококачественной смазки, повышенной точностью изготовления и высоким качеством электротехнических параметров.

Трехфазные (ДАТ) и однофазные (ДАО) двигатели серии ДА отличаются высокой степенью использования объема, наличием встроенных камер-аккумуляторов для подпитки подшипников жидкой фазой высококачественной смазки, повышенной точностью изготовления и высоким качеством электротехнических параметров.

### Условия эксплуатации двигателей серии ДА

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот 1-2000 Гц с ускорением,  $m/c^2$ , не более ..... 100  
 Ударные нагрузки,  $m/c^2$ , не более ..... 400  
 Повышенная температура окружающей среды, °С, не более:  
 ДАТ42271, ДАТ51271, ДАТ53271 ..... 100  
 ДАТ31271, ДАТ32271, ДАТ53172, ДАТ53182 ..... 85  
 ДАТ53172-2, ДАТ53182-2 ..... 40  
 Пониженная температура окружающей среды, °С ..... -60  
 Относительная влажность воздуха при температуре +35°С, % ..... 98  
 Гарантийная наработка двигателей, ч ..... 10000

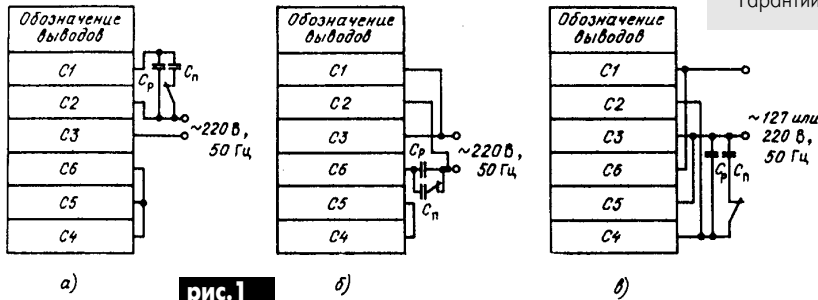


рис. 1

Таблица 1

Тип	Рис.	U, В	P, Вт	n, об/мин	M, Нмх10 <sup>-4</sup>	I, А	КПД, %
ДАТ31271	2,а	220±22	6	2600	236	0,16	25
	1,а		4		147		20
ДАТ32271	2,а	220±22	10	2600	372	0,18	39
	1,а		6		225		30
ДАТ42271	2,а	220±22	25	2700	980	0,2	58
	1,а		16	2750	588		52
	1,б						50
ДАТ51271	2,а	220±22	40	2700	1470	0,3	63
	1,а		25	2750	930		58
	1,б						57
ДАТ53271	2,а	220±22	90	2700	3240	0,6	68
	1,а		60	2750	2150		66
	1,б						63
ДАТ53172	2,а	220±22	60	1280	4600	0,55	58
	1,а		40	1320	3040		52
	1,в	127±13			0,95		
ДАТ53172-2	2,а	220±11	60	1280	4600	0,55	58
	1,а		40	1320	3400		52
	1,в	127±6,4			0,95		
ДАТ53182	2,а	380±38	60	1280	4600	0,9	58
	2,б	220±11				1,55	
	1,в	220±22	40	1320	3040	1,7	52
ДАТ53182-2	2,а	380±19	60	1280	4600	0,9	58
	2,б	220±11				1,55	
	1,в		40	1320	3040	1,7	52

ромагнитных, конструкционных и изоляционных материалов. Двигатели на частоту напряжения питания 50 Гц являются универсальными по способу включения в сеть. На рис.1,а приведена схема включения двигателя в однофазную сеть при соединении обмоток в звезду, на рис.1,б - по схеме "с оторванной фазой", на рис.1,в - при соединении обмоток в треугольник. На рис.2,а показано включение двигателей в трехфазную сеть при соединении обмоток в звезду, на рис.2,б - при соединении обмоток в треугольник.

В табл.1 приведены технические данные трехфазных двигателей серии ДА на частоту напряжения питания 50 Гц. Обозначения в таблице: Рис. - номер рисунка схемы включения; U - напряжение питания; P - номинальная мощность; n - номинальное число оборотов в минуту; M - номинальный момент на валу; I - номинальный ток; КПД - коэффициент полезного действия.

В табл.2 приведены параметры фазосдвигающих конденсаторов.

Примечание. Ср, Сп - рабочий и пусковой конденсаторы.

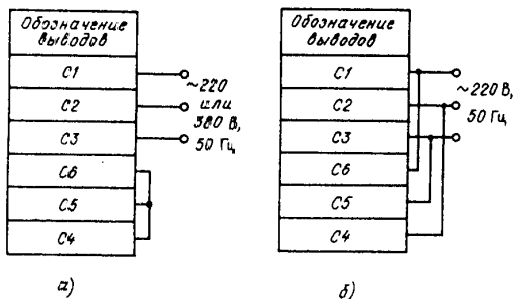


рис. 2

Таблица 2

Тип	Рис.	Ср, мкФ	Сп, мкФ	Uср, В	Uсп, В
ДАТ31271	1,а	1,2±0,12	1,8±0,18	250	250
ДАТ32271			3,3±0,33		
ДАТ42271	1,а	2,2±0,22	-	300	-
	1,б		10±1		
ДАТ51271	1,а	3,3±0,33	-	300	-
	1,б		15±1,5		
ДАТ53271	1,а	4,7±0,47	-	300	-
	1,б		25±2,5		
ДАТ53172	1,а	6,8±0,68	15±1,5	320	350
	1,в		45±4,5	190	200
ДАТ53172-2	1,а	5,6±0,56	15±1,5	320	350
	1,б		45±4,5	190	200
ДАТ53182	1,б	6,8±0,68	15±1,5	320	350
ДАТ53182-2	1,б	5,6±0,56	15±1,5	320	350

Начинаем печатать серию статей по источникам питания  
фирмы Power Integrations Inc.

## ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ВЫСОКОГО УРОВНЯ ИНТЕГРАЦИИ ПО МЕТОДОЛОГИИ TOPSWITCH ФИРМЫ POWER INTEGRATIONS INC.

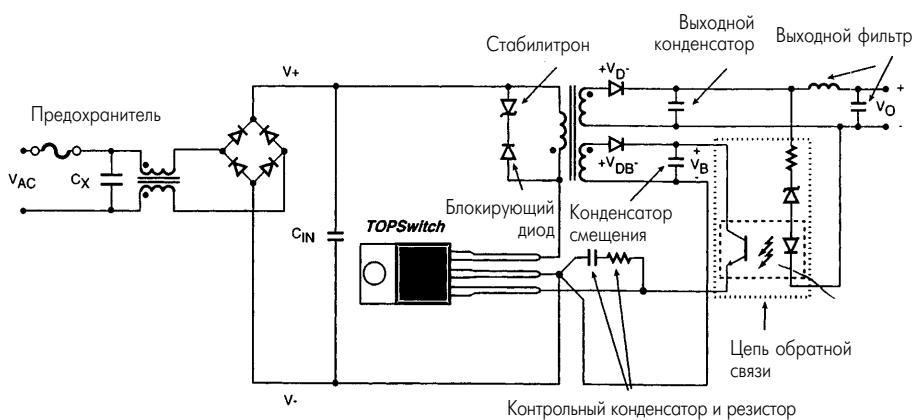


рис. 1

Процедура разработки и расчета TOP-Switch опирается на базовую схемную конфигурацию (рис. 1) и содержит 35 шагов.

На **шаге 1** определяют системные требования к блоку питания:

- минимальное напряжение сети  $V_{ac\ min}$  (например, 190 В);
- максимальное напряжение сети  $V_{ac\ max}$  (например, 250 В);
- частоту сети (например, 50 Гц);
- частоту переключения (например, 100 кГц);
- выходное напряжение ( $U_{вых}$ );
- выходную мощность ( $P_{вых}$ );
- коэффициент полезного действия  $\eta$  (обычно 80%);
- фактор потерь  $Z$  (обычно 0,5, если недоступны другие данные).

## СХЕМА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ “ФОЛЬКСВАГЕН-ПАССАТ GL”

Версия с двигателем RP и системой впрыска топлива. “Моно-Джетроник”. Выпуск 1990 г.

A1 - ЭБУ впрыском “Моно-Джетроник”; A2 - коммутатор системы зажигания TSZ-H; A3 - блок последующего включения вентилятора системы охлаждения; B - аккумуляторная батарея; F1-F22 - предохранители (заводская нумерация); G - генератор;

H - комбинация приборов; H1 - сигнализатор аварийного давления масла; H2 - сигнализатор неисправности тормозов и включенного стояночного тормоза; H3 - сигнализатор неисправности генератора; H4 - тахометр; H5 - сигнализатор включения дальнего света; H6 - сигнализатор включения дальнего света; H7 - указатель уровня топлива в баке; H8 - указатель температуры охлаждающей жидкости; H9 - сигнализатор перегрева двигателя и падения уровня охлаждающей жидкости; H10 - лампы подсветки комбинации приборов; H11 - многофункциональный дисплей; H12 - контрольная лампа аварийной сигнализации; H13 - индикатор включения габаритного освещения; H14 - индикатор включения противотуманных фар; H15 - индикатор включения обогревателя заднего стекла; H16 - звуковые сигналы;

K1 - реле шины X; K2 - реле включения обогрева лямбда-зонда; K3 - реле топливного насоса; K4 - реле включения подогрева впускного коллектора; K5 - электронное реле сигнализатора уровня и указателя температуры охлаждающей жидкости; K6 - электронное реле указателей поворота; K7 - реле противотуманных фар; K8 - реле звуковых сигналов; K9 - электронное реле управления стеклоочистителем; L - катушка зажигания;

M1 - стартер; M2 - мотор-регулятор холостого хода; M3 - топливный насос; M4 - вентилятор системы отопления; M5 - вентилятор системы охлаждения; M6 - стеклоочиститель; M7 - насос стеклоомывателя;

P1 - лямбда-зонд; P2 - датчик температуры охлаждающей жидкости; P3 - датчик положения дроссельной заслонки; P4 - датчик температуры всасываемого воздуха; P5 - датчик уровня топлива; P6 - датчик Холла распределителя за-

жигания; P7 - датчик указателя температуры охлаждающей жидкости; P8 - датчик температуры масла; P9 - датчик температуры наружного воздуха;

R1 - добавочный резистор форсунки; R2 - нагреватель впускного коллектора; R3 - прикуриватель; R4 - регулятор яркости подсветки комбинации приборов; R5 - обогреватель заднего стекла;

S1 - замок зажигания; S2 - термовыключатель подогрева впускного коллектора; S3 - распределитель зажигания; S4 - датчик уровня охлаждающей жидкости; S5 - датчик давления масла на 0,3 бар; S6 - датчик давления масла на 1,8 бар; S7 - выключатель сигнализатора стояночного тормоза; S8 - датчик уровня тормозной жидкости; S9 - переключатель многофункционального дисплея; S10 - выключатель освещения багажника; S11 - переключатель вентилятора системы отопления; S12-S15 - выключатели освещения салона в передней левой, задней левой, задней правой и передней правой дверях соответственно; S16-S18 - подрулевые переключатели света фар, аварийной сигнализации и указателя поворота соответственно; S19 - выключатель стоп-сигналов; S20 - центральный выключатель освещения; S21 - выключатель противотуманных фар; S22 - выключатель ламп заднего хода; S23 - выключатель обогревателя заднего стекла; S24 - термовыключатель вентилятора системы охлаждения; S25 - датчик последующего включения вентилятора системы охлаждения; S26 - кнопка включения звуковых сигналов; S27 - переключатель стеклоочистителя и стеклоомывателя;

W1 - лампа освещения перчаточного ящика; W2 - лампа освещения полки для аудиокассет (если полка установлена); W3 - лампа освещения пепельницы; W4 - лампа подсветки прикуривателя; W5 - лампа освещения багажника; W6 - лампа подсветки переключателя S11; W7 - плафон освещения салона с таймером выключения; W8, W9 - задние дополнительные лампы освещения салона; W10 - левый передний

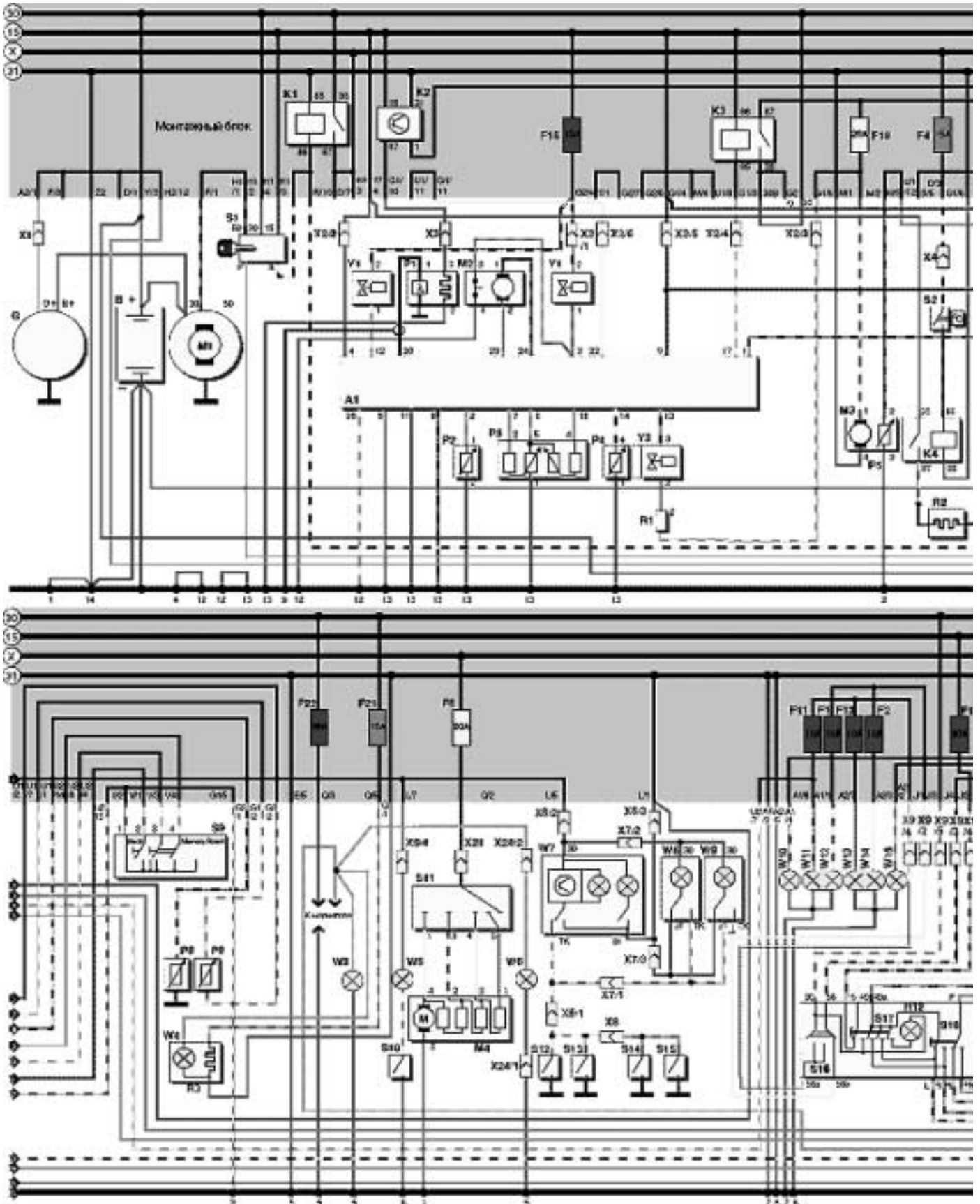
габаритный фонарь; W11, W12 - двухнитевая лампа левой фары; W13, W14 - двухнитевая лампа правой фары; W15 - правый передний габаритный фонарь; W16, W17 - левые передний и задний указатели поворота; W18, W20 - левый и правый задние габаритные фонари; W19, W21 - левый и правый стоп-сигналы; W22, W23 - правые задний и передний указатели поворота; W24 - лампа подсветки выключателя освещения; W25 - лампы подсветки номерного знака; W26 - лампы подсветки выключателя противотуманных фар; W27, W28 - левая и правая противотуманные фары; W29 - задний противотуманный фонарь; W30, W31 - левая и правая лампы заднего хода; W32 - лампа подсветки выключателя обогревателя заднего стекла;

X1-X26 - разъемы, расположенные: X1 - около стартера; X2, X3 - слева на перегородке моторного отсека; X4, X22 - позади монтажного блока; X5 - сзади слева в багажнике, X6, X7 - около плафона освещения; X8 - в багажнике на топливном насосе; X9-X11, X26 - позади облицовки подрулевого переключателя; X12-X14 - на соответствующих фонарях; X15 - на переключателе коробки передач; X16, X17 - на противотуманных фарах; X18, X19 - на задних комбинированных фонарях; X20, X23 - около левой фары; X21, X24 - слева за комбинацией приборов; X25 - около правой фары;

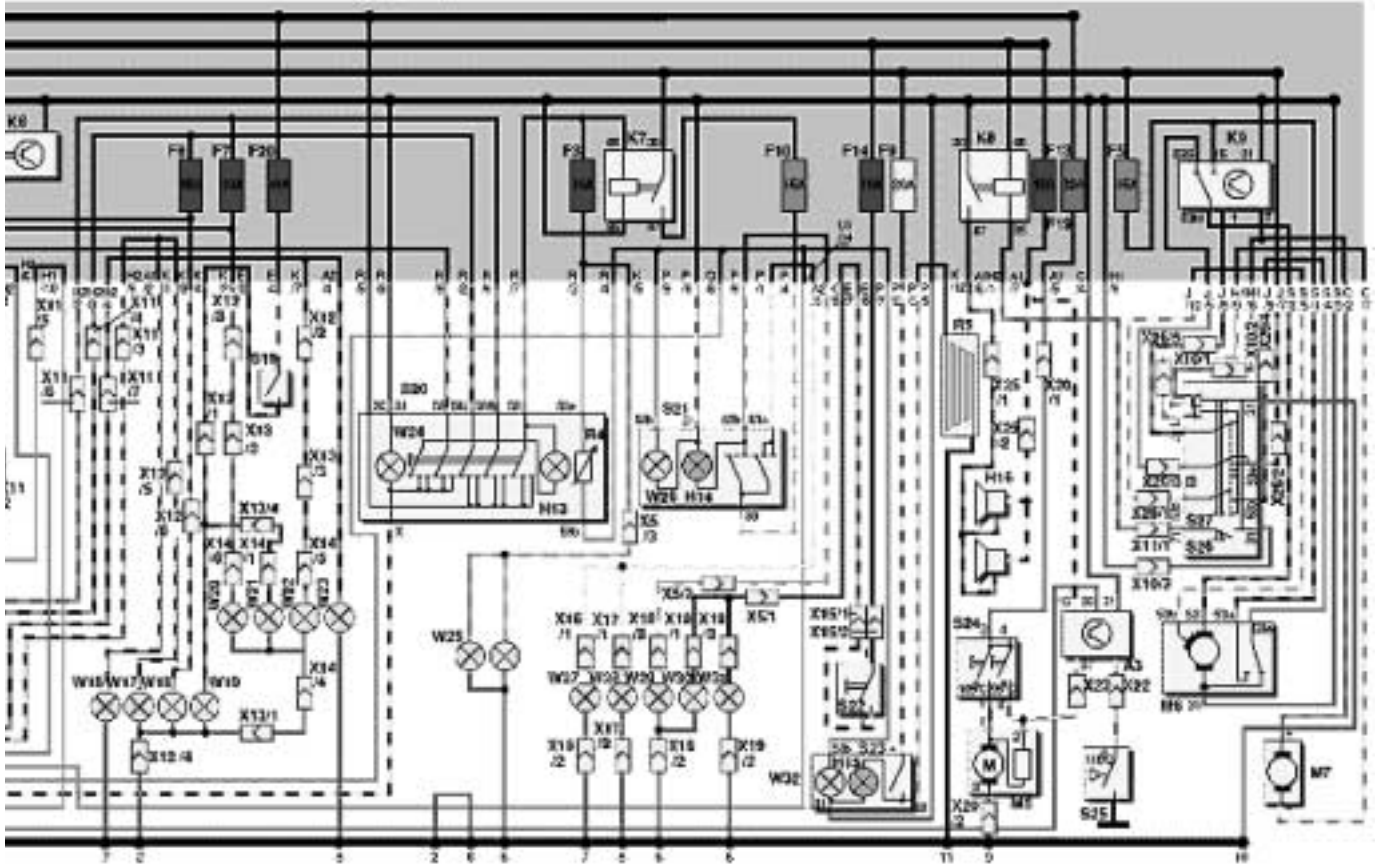
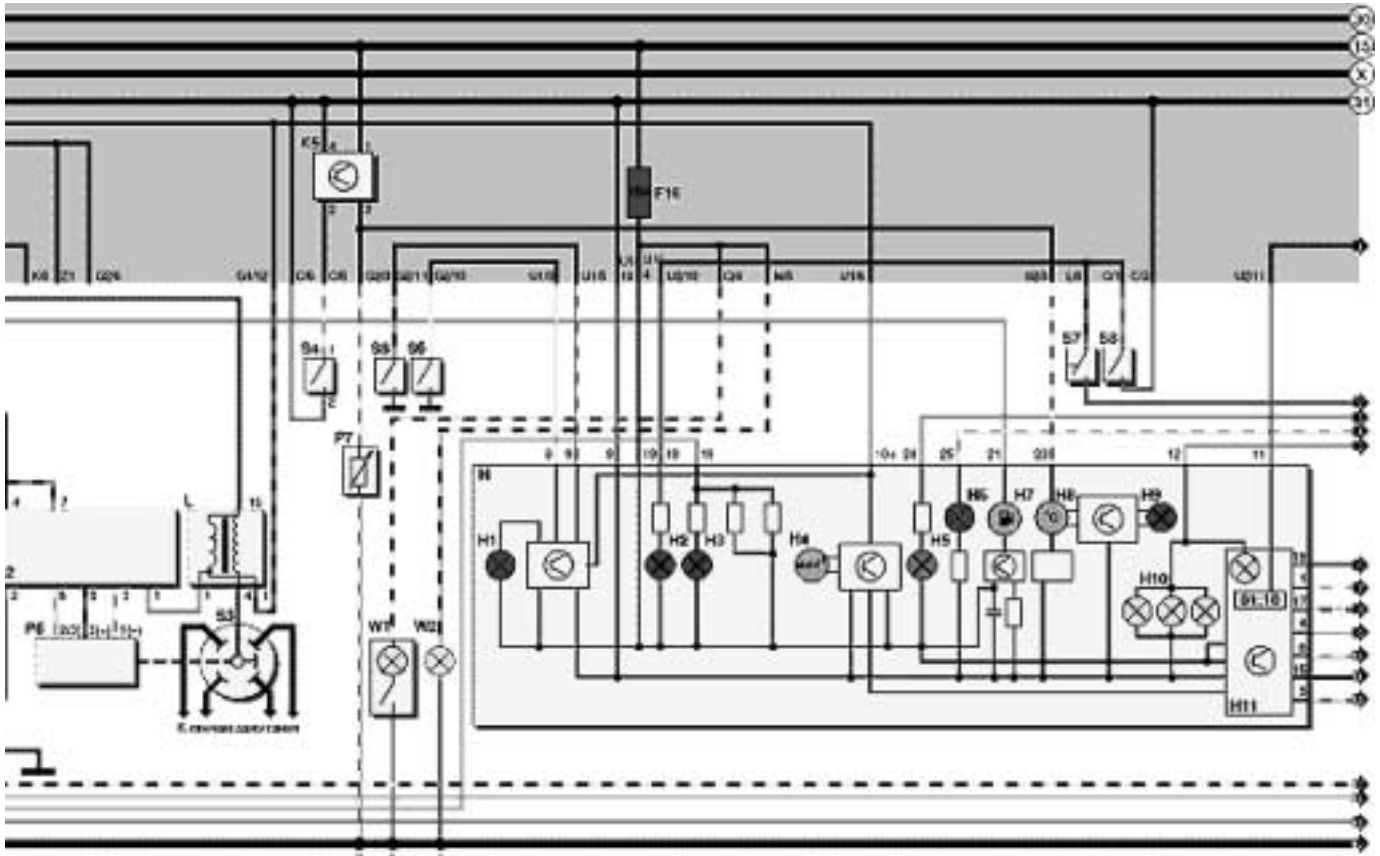
Y1 - клапан адсорбера; Y2 - клапан управления запаздыванием зажигания; Y3 - форсунка впрыска топлива.

Точки соединения потребителей с “массой” (указаны цифрами в кружках у корпусной шины): 1 - рядом с монтажным блоком; 2 - слева в багажнике; 3 - на коробке передач; 4 - на блоке цилиндров; 5 - в жгуте проводов позади панели приборов; 6 - в жгуте проводов крышки багажника; 7, 8 - в жгуте проводов фар; 9 - на крышке головки блока цилиндров; 10 - над рулевым механизмом; 11 - справа в багажнике; 12, 13 - в жгуте проводов системы “Моно-Джетроник”; 14 - в жгуте проводов фар.

СХЕМА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ "ФОЛЬКСВАГЕН-ПАССАТ GL"







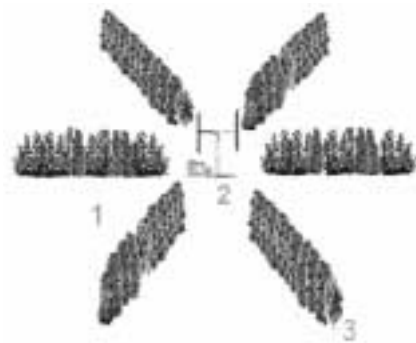
# ВЕТРОВАЯ ПЛОТИНА

*Н.Г.Макаренко, А.Н.Макаренко, г.Киев*

**Устройство и принцип работы.** Ветровая плотина (**см.рисунок**) представляет собой систему радиально расположенных, суженных в направлении к силовой установке ветроводов 1, образованных радиально или тангенциально расположенными относительно ветроколеса 2 перегородками 3, которые представляют собой лесопосадки.

Использование в качестве перегородок лесопосадок позволяет значительно сократить расходы на возведение ветровой плотины и, в конечном итоге, снизить себестоимость производимой электроэнергии.

Устройство действует следующим образом. Ветровой поток проходит через ветроводы, образованные лесопосадками, и концентрируется на лопастях ветроколеса. При этом, согласно известному принципу Бернулли, ветровой поток ускоряется, в результате чего силовая установка вырабатывает большую мощность. Подобно тому, как плотина ГЭС собирает на лопастях турбины энергию водяного потока, так и ветровая плотина собирает на лопастях ветроколеса энергию воздушных потоков.



## Уникальные экологические свойства

Экологическое воздействие ветровой плотины мощностью 300 кВт за 1 год эксплуатации	Экологическое воздействие ТЭС при выработке той же мощности за 1 год эксплуатации
Производится: кислорода - 8,7 т; фитонцидов, которые уничтожают болезнетворные бактерии и микробы - 0,09 т Зодерживается: пыли - до 1,7 т; сернистых соединений - 0,12 т; хлоридов - 0,03 т; фторидов - 0,006 т; поглощается углекислого газа - 11,22 т Отсутствуют проблемы с утилизацией отходов. Снижается количество материалов, необходимых для возведения ветроэлектрической установки.	Сжигается угля - 1314 т Сжигается кислорода - 2724 т Попадает в атмосферу: сажи - 13 т; золы - 87 т; сернистых соединений - 77 т; окислов азота - 25 т; углекислого газа - 3733 т Образуется твердых отходов (золы и сажи) - 175 т
Результат Создание в степной зоне оазисов описанного выше типа, что благотворно влияет на экологию окружающей среды, обуславливает формирование комфортной среды обитания для мелких животных и птиц и является положительным фактором в решении проблемы охраны и восстановления растительного и животного мира. Чистый воздух и красивый пейзаж благотворно действуют на нервную систему человека и являются своеобразной рефлексотерапией	Результат 1.Повышается заболеваемость и смертность населения. 2.Наносится ущерб флоре и фауне. 3."Кислотные дожди", потери в земледелии и лесном хозяйстве, загрязнение водоемов, вред, наносимый строениям, мостам и другим сооружениям, подверженным коррозии от оседающих частиц сажи и газов. 4.Изменение климата в результате воздействия парникового эффекта. 5.Уменьшение содержания кислорода в атмосфере

Ветроводы могут быть различной длины. Поскольку максимальный КПД силовой установки возможен при определенном диапазоне скоростей ветра, желательно сузить этот диапазон. Это возможно на стадии концентрации ветра. Среднегодовая скорость ветра различна в разных направлениях. Если установить длину ветроводов обратно пропорциональной средней скорости ветра в данном направлении, то ветровой поток будет более равномерным. Таким образом, достигается более высокий КПД ветровой установки. В местностях с выраженной направленностью ветров (бризы, горнодолинные ветры, муссоны) ветровая плотина может состоять из 1-2 ветроводов.

## Технико-экономические достоинства

**1. Предлагаемая ветровая плотина предназначена для производства электроэнергии в промышленных масштабах.** Промышленное производство электроэнергии связано с рядом проблем. Очевидно, что максимально получаемая мощность на оси ветроколеса пропорциональна площади сечения воздушного потока, захватываемого ветроколесом при вращении, т.е. квадрату радиуса ветроколеса. Таким образом, промышленное производство электроэнергии возможно для ветроэлектрической установки с большим диаметром ветроколеса. Но существуют чисто физические ограничения на размер ветроколеса. К тому же ветроэлектрическая установка с большим ветроколесом и высокой башней - сооружение дорогостоящее в строительстве и в эксплуатации. Чем больше размер ветроколеса, тем выше нижняя граница интервала рабочих скоростей ве-

тра, т.е. при слабом ветре ветроколесо не вращается. Таким образом, простой ветродвигателя из-за слабых ветров для больших ветроколес значительно больше. Замена большого ветроколеса на комплекс средних размеров ветроколесо + ветровая плотина практически устраняет указанные проблемы, чем значительно повышает эффективность ВЭС.

**2. Ветровую плотину выполняют не в виде искусственных сооружений, а в виде древесных насаждений.** Данное решение позволяет снизить расходы на создание и эксплуатацию ветроплотины на порядок. Территория, занимаемая ветровой плотиной, остается открытой для использования в сельском хозяйстве. Если в качестве древесных насаждений использовать тополя (чей прирост для некоторых сортов 2-3 м в год), то можно рассчитывать на полезный эффект уже через 5-6 лет, что вполне сопоставимо по времени со строительством искусственных сооружений подобных размеров. При соответствующем уходе за насаждениями (полив, внесение удобрений, стимуляторов роста) полезный эффект можно достигнуть значительно раньше.

**3. Предлагаемая ветровая плотина позволяет увеличить мощность ВЭС.** Произведенные нами предварительные расчеты показывают, что ветровая плотина радиусом 150 м дает увеличение мощности в 5-7 раз. Если использовать ее в комплексе с ветроколесом радиусом 20 м, равным высоте насаждений (таких размеров ветроколесо имеет обычно мощность 50 кВт и стоимостью около \$50000), то мощность ветроколеса увеличится и будет составлять около 300 кВт, что равнозначно ветроколесу стоимостью \$300000. Уже простая прикидка показывает, что стоимость электроэнергии будет примерно в 6 раз ниже обычной, и ветровая энергия станет более конкурентоспособной.

**4. Долговечность** ветровой плотины составляет несколько десятков лет, а не 20 лет, как у ветроколеса.

## Ветровая плотина и сельское хозяйство

1. Большая часть территории, занимаемая ветровой плотиной, остается открытой для использования в сельском хозяйстве.

2. Ветровая плотина благотворно влияет на плодородие почв:

- служит мощным регулятором водного баланса, задерживая атмосферные осадки;
- формирует благоприятный микроклимат, увлажняя и освежая воздух примерно в два раза больше, чем водный бассейн такой же площади;

- является биотопом для птиц, играющих большую роль в уничтожении насекомых-вредителей;

- защищает почвы от ветровой эрозии, повышая скорость ветра на небольшом участке, понижает ее на расстоянии до 1300 м за плотиной.

Ветровая плотина может выполнять роль ветрозащитных полос и использоваться вместе с ними.

# ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ВЕКА ГРЯДУЩЕГО

(Продолжение. Начало см. в РЭ 2,4,5/2001)

Н.П.Горейко, г.Ладыжин, Винницкая обл.

## Индикаторы режима заряда.

Подсоединение аккумуляторной батареи к ЗУ - ответственная операция. ЗУ, изготовленные по нашим схемам, не повреждаются при переполюсовке, а вот "простые" схемы с выпрямительным мостиком на выходе "сопротивляются" неправильному включению недолго и...проигрывают!

На **рис.13,а** приведена схема индикатора полярности батареи с двумя светодиодами, на **рис.13,б** - с четырьмя. В первой схеме оба светодиода закреплены возле "минусового" зажима типа "крокодил". Во второй схеме светодиоды "своих" цветов HL1 и HL3 светятся при правильном подключении клемм к батарее аккумуляторов, а светодиоды "чужих" цветов HL2 и HL4 - при неправильном подключении. Перед подсоединением "крокодилов" к батарее необходимо разомкнуть S1, а после выяснения - замкнуть S1.

Исполнение схем может быть различным:

в виде коробки из текстолита, к краям которой прикреплены провода, идущие к аккумулятору (светодиоды располагаются возле проводов);

в виде платы из текстолита, присоединяемой к клеммам ЗУ (светодиоды могут быть либо возле клемм, либо возле надписей или символов, обозначающих правильность или неправильность подключения).

Плата может выступать за габариты ЗУ, чтобы можно было закрепить выключатель S1. В любом случае красному цвету соответствует "плюсовой" провод, а зеленому "минусовой" (это относится как к светодиодам, так и к цвету изоляции проводников).

На **рис.14** показан вариант монтажа индикатора полярности на клеммах зарядного устройства. Разрезы в плате из

стеклотекстолита "подогнаны" под выходные клеммы ЗУ. Выходной провод "-" подсоединяют непосредственно к "своей" клемме ЗУ. "Плюсовой" провод подключен через S1. Для надежности контактов с большим током можно усилить контакт клеммы "+" ЗУ на плате индикатора медной пластинкой. Возле клеммы "-" расположены светодиоды: зеленый ("свой") сигнализирует о верном подсоединении, красный ("чужой") - об ошибке в подключении батареи.

Индикатор полярности можно выполнить с использованием сигнальной лампы накаливания (**рис.15**). При разомкнутом S1 и ошибке в подключении лампы сигнализирует о нарушении - необходимо поменять на обратное подсоединение "крокодилов" к батарее. При отсутствии свечения лампы HL1 можно включить вилку ЗУ в сеть. ЗУ работает в режиме подзаряда (малый ток) - об этом свидетельствует слабое свечение HL1. Теперь можно замкнуть S1 и перевести устройство на режим "заряд".

Такой сигнализатор полярности не только позволяет защитить простые зарядные устройства от переполюсовки, но и обеспечивает режим подзаряда.

Более точную информацию о режиме заряда дает схема индикатора напряжения на светодиодах (**рис.16**). Схему подключают к выходным клеммам ЗУ. Светодиод HL1 красного цвета сигнализирует о неправильном подсоединении батареи (обратное напряжение с клеммы "+" через VD1 и балластный резистор R1 запитывает HL1).

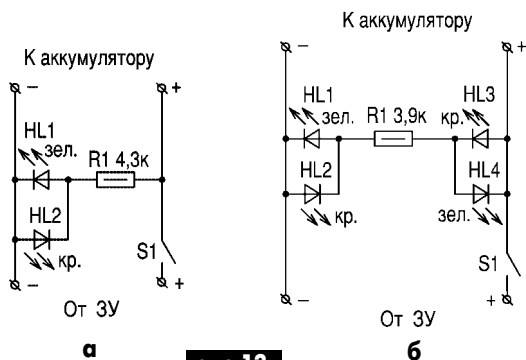
При правильном подсоединении батареи через диод VD2 запитывается измерительная часть схемы. Балластный резистор R5 определяет величину тока, протекающего через светодиоды HL2, HL3. В процессе измерений обычно один из них запитан большим током, другой

- меньшим. Компаратор напряжения собран на резисторах R2, R3 и прецизионном стабилитроне VD3. Пока напряжение на зажимах ЗУ меньше 14,2 В (этот порог зависит от нескольких факторов, на которых мы пока не останавливаемся), стабилитрон VD3 не проводит ток или проводит малый ток. При этом транзистор VT1 закрыт, цепь питания светодиода HL2 разорвана, поэтому излучает свет желтый светодиод HL3 ("мало").

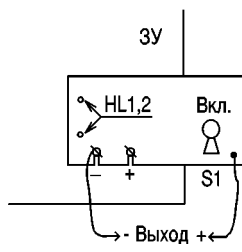
Если напряжение на зажимах ЗУ превысит 14,2 В, база VT1 будет запитана током стабилитрона VD3, поэтому транзистор VT1 с высоким коэффициентом усиления базы входит в насыщение (напряжение эмиттер-коллектор становится небольшим). При этом через зеленый светодиод HL2 может проходить ток, но вследствие некоторого падения напряжения на транзисторе VT1 необходимо обеспечить надежное выключение HL3. Для этой цели служит кремниевый диод VD4, даже два диода, если это необходимо (для кремниевых диодов характерно малое прохождение тока при напряжениях 0,5 В). Таким образом при включении HL2 через транзистор VT1 ток через HL3 будет значительно снижен и светиться он не будет.

Следовательно, при низком напряжении на батарее будет индцироваться желтое свечение, а при напряжении большем 14,2 В - зеленое. В момент достижения напряжением нормы одновременно будут светиться оба светодиода как вследствие постепенного переключения тока между светодиодами, так и вследствие импульсного характера зарядного тока.

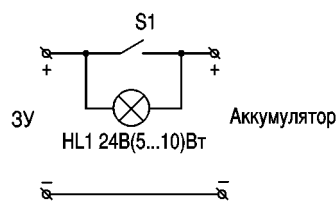
Момент переключения измерительной схемы можно "поймать" подбором сопротивления R3. Для этой цели можно воспользоваться подстроечным резис-



**рис.13**



**рис.14**



**рис.15**

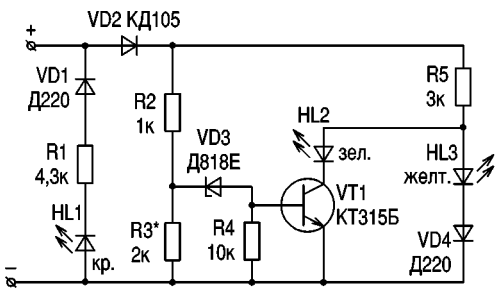


рис. 16

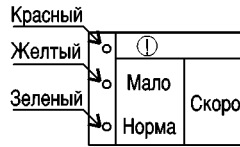


рис. 17

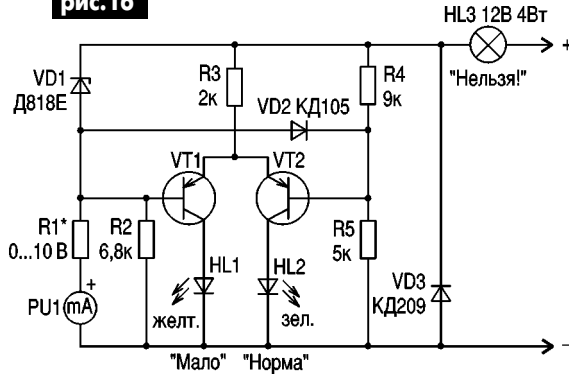


рис. 18

тором 1 кОм и последовательно соединенным резистором 1,5 кОм, но надежнее для долговечной работы подобрать R3 из постоянных резисторов.

Яркость свечения светодиодов можно "подогнать" резисторами R1 и R5, важно только помнить, что зарядное (правильное) напряжение на выходе ЗУ может превышать 25 В, поэтому снижать сопротивление R5 следует осторожно.

Расположение светодиодов на панели ЗУ напоминает знакомый всем автолюбителям СВЕТОФОР, а надписи для ясного понимания славянами в любом расположении духа, как показала практика, можно выполнить, как на рис. 17.

Еще одно замечание: схема имеет всего один порог контроля напряжения, не уступает ли она в работе более "умным" схемам вольтметров с микросхемами и цепочками светодиодов? Как показала практика - не уступает, поскольку мы контролируем переход напряжения через важный рубеж разряжен/заряжен. До момента заряжен батарея не готова полностью к эксплуатации, а после наступления состояния заряженности владелец принимает решение выключить ЗУ, перейти на режим подзаряда или вести процесс заряда, контролируя "кипение" отдельных банок батареи. Сложные схемы с несколькими порогами индикации сложны в наладке, менее надежны в эксплуатации, в процессе индикации требуют повышенного внимания.

Можно выполнить вольтметр на светодиодах по расширенной схеме (рис. 18), в которую входят:

стрелочный индикатор PU1 с "растянутой" шкалой;

индикатор напряжения на двух светодиодах HL1 и HL2;

сигнализатор переполюсовки клемм на HL3.

В этой схеме различные узлы "помогают" друг другу:

стабилитрон VD1, определяющий порог переключения балансной схемы на транзисторах, в то же время "растягивает" шкалу стрелочного вольтметра;

стрелочный вольтметр помогает наладить порог светодиодного вольтметра; диод VD3, "включающий" лампу накаливания HL3 - сигнализатор переполюсовки, защищает измерительную часть от обратного напряжения.

В данном устройстве сигнал переполюсовки индицируется ЯРКО, что повышает оперативность его восприятия.

Рассмотрим построение и работу измерительной части. Схема симметрично включенных транзисторов VT1, VT2 и светодиодов HL1, HL2 сбалансирована при напряжении 14,2 В (на зажимах ЗУ - в схему входит и HL3, на которой падает доля вольта напряжения):

слева на стабилитроне VD1, который питается через резистор R2, падает 9 В, это стабильное напряжение подключено к базе VT1;

справа делитель из R4, R5, который потребляет ток 1 мА, поэтому на резисторе R4 падает напряжение тоже 9 В, это напряжение подключено к базе VT2.

При этом оба транзистора, в цепях эмиттеров которых включен резистор

R3, имеют одинаковые напряжения эмиттер-база, одинаковые условия для открывания, светодиоды HL1, HL2 светятся. При разбалансе схемы условия открывания транзисторов станут неодинаковыми:

при низком напряжении батареи на резисторе R4 падает меньшее напряжение, поэтому VT2 и HL2 будут обесточиваться, а транзистор VT1 открываться, светодиод HL1 желтого цвета будет сигнализировать о НИЗКОМ напряжении;

если напряжение батареи превысит порог, напряжение, падающее на резисторе R4, увеличится (на стабилитроне VD1 будет неизменным), то возникнут условия для открывания транзистора VT2 и работы светодиода HL2 зеленого цвета, который будет сигнализировать о ВЫСОКОМ напряжении.

Подстроить порог переключения балансной схемы можно подбором резистора R4, сопротивление которого указано с отступлением от стандартного ряда сопротивлений (важны не конкретные значения сопротивлений R4, R5, а их отношение R5:R4, а также напряжение стабилизации VD1). Увеличение сопротивления резистора R4 помогает раньше зажечь сигнал "норма". В связи с существованием на выходе ненагруженного ЗУ импульсов напряжения, значительно превышающих 14,2 В, в схему включен диод VD2 для защиты от пробоя эмиттер-базового перехода транзистора VT1.

Типы светодиодов не указаны на схеме, поскольку их удобно подбирать по яркости свечения, габаритам и форме - надписей на них нет. В этой схеме, в отличие от предыдущей, можно применить сдвоенный двухцветный светодиод. Яркость свечения светодиодов можно регулировать подбором резистора R3.

Стрелочным прибором может служить магнитоэлектрический прибор с пределом измерения тока 50 мкА...1 мА, сопротивление резистора R1 должно быть таким, чтобы при напряжении 10 В прибор отклонялся на всю шкалу. Таким образом, с учетом напряжения стабилизации VD1 диапазон измерения напряжения будет 9...19 В. Для наблюдения за процессом заряда батареи важно выделить на шкале участок 13...14,5 В - диапазон нормальных напряжений заряда (при полностью собранной схеме напряжения слева от выделенного сектора будут соответствовать (под током заряда) разряженному аккумулятору. Часть шкалы справа от выделенного сектора показывает напряжения в режиме "кипения" банок - доводки всех банок до нормального состояния.

(Продолжение следует)

# РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ ДЛЯ АКТИВНО-ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ ДО 15 КВТ

А.Н.Маньковский, г.Селидово, Донецкая обл.

Описываемое устройство может обеспечить плавную и быстросрабатывающую регулировку мощности на активно-индуктивной нагрузке. Его можно использовать в сварочных аппаратах, для регулирования освещения, управления асинхронными двигателями, регулирования напряжения на первичной обмотке трансформатора в высоковольтных выпрямителях или нагрузочного трансформатора для проверки и регулировки срабатывания максимальной токовой защиты мощных электромагнитных пускателей и др.

Структурная схема регулятора мощности приведена на рис.1. Регулятор состоит из силовой части (СЧ) и системы управления (СУ), в состав которой входят фазосдвигающее устройство (ФСУ) и входной формирователь (ВФ). СЧ может работать только при подаче на управляющие электроды двух встречно-параллельно включенных тиристоров или симистора в определенные моменты времени импульсов, обеспечивающих вклю-

Принципиальная схема регулятора показана на рис.2. СЧ регулятора выполнена на мощном симисторе VS1 и контурах L1C7, L2C8 (источник реактивной мощности с подавлением гармонических искажений на 5-й и 7-й гармоники). Этот источник применен для повышения КПД устройства. Конденсаторы C7 и C8 генерируют реактивную мощность Qc. Емкость конденсаторов C7 и C8 (суммарная) выбирают в зависимости от индуктивной нагрузки из расчета  $Q_C = Q_{\text{макс}}$ . В трехфазных системах гармоники, кратные 3-й, в силу симметрии отсутствуют, и гармоническими составляющими в сети бывают 5-я, 7-я, 11-я и т.д. гармоники. Низшие из них наиболее интенсивны. Резонансная частота контура L1C7  $\omega_5 = 5\omega$ , для этого контура выполняется соотношение  $(3C7L1)^{1/2} = 1/5\omega$ . В контуре L2C8 резонанс наступает на частоте  $\omega_7 = 7\omega$ , для этого контура  $(3C8L2)^{1/2} = 1/7\omega$ . Если C7 = 10 мкФ, C8 = 5 мкФ, то L1 = L2 = 10 мГн.

На оптопаре U1 и транзисторах VT3, VT4 выполнен ВФ. При приходе на анод светодиода оптопары управляющего сигнала (лог."1") включается транзисторная оптопара, транзисторы VT3 и VT4 закрываются. На управляющем электроде симметричного тиристора возникает положитель-

резистор R4, и когда напряжение на нем достигнет порогового значения ( $U_c = U_{\text{пор}}$ , для КМОП-микросхем  $U_{\text{пор}} = 0,5U_{\text{пит}}$ ), произойдет новое переключение за счет напряжения на входе R, в результате чего триггер возвратится в исходное состояние. Длительность импульса на выходах Q и Qинв можно регулировать переменным резистором R4  $\tau_{\text{и}} = R4C1$ . Конденсатор C1 разряжается через диод VD5 и открытые выходные транзисторы триггера.

Источник питания 27 В выполнен на диодах VD11-VD14 и конденсаторах C5, C6; источник питания 9 В - на диодах VD6-VD9, конденсаторах C2-C4, стабилитроне VD10 и транзисторе VT2.

Описанный регулятор мощности можно использовать в сети 220 В, применив соответствующий трансформатор Т1.

**Конструкция и детали.** Трансформатор Т1 - любой мощностью 10-15 Вт с напряжением на вторичных обмотках: U2 = 10 В; U3 = 12 В; U4 = 20 В. Резистор R4 любого типа, R10 типа ПЭЛ, остальные типа МЛТ. Конденсаторы C1, C2, C5 типа К73-9, К73-17, конденсаторы C3, C4, C6 типа К50-35, конденсаторы C7, C8 типа К73П-2, К41-1, МБГТ на номинальное напряжение не менее 1000 В. Симистор VS1

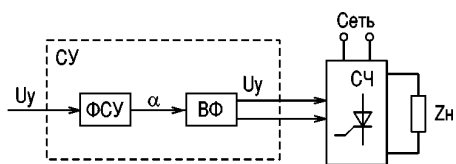


рис.1

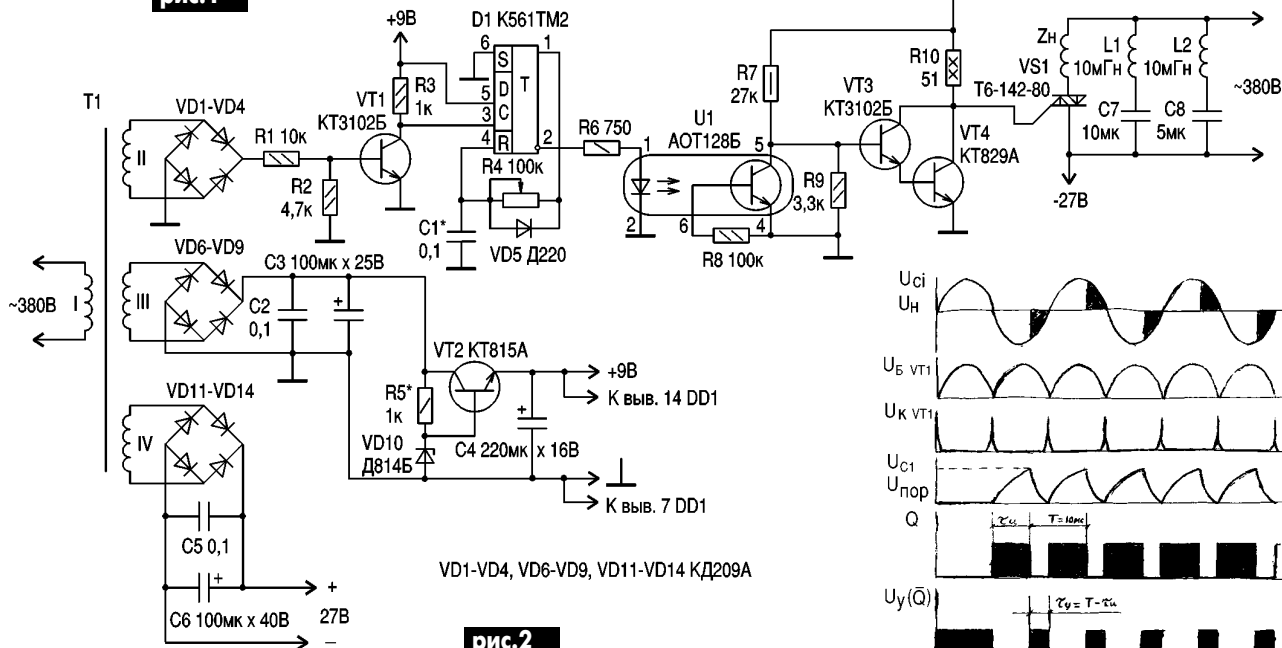


рис.2

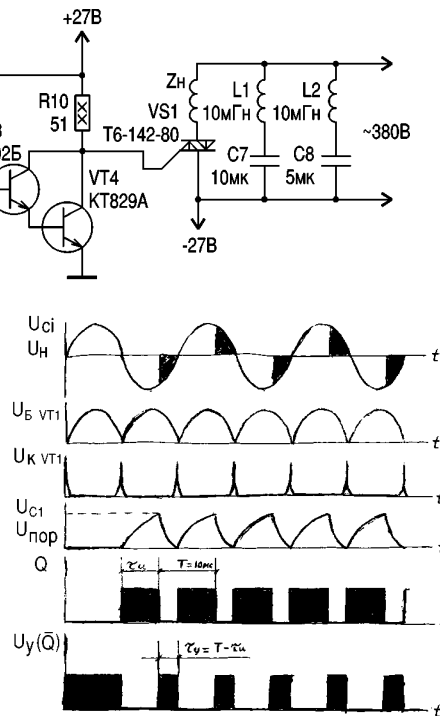


рис.3

чение данных вентилях. Выключение тиристора происходит за счет изменения полярности напряжения питающей сети и спада тока через вентиль к нулю.

Моменты времени, в которые должен быть включен один или другой тиристор, задаются управляющим сигналом Uу. ФСУ преобразует управляющий сигнал в угловой интервал α. ВФ формирует управляющий импульс по форме, длительности и амплитуде. При создании ВФ важно достичь высокой помехоустойчивости их работы, поскольку в СЧ преобразователя имеют место скачки напряжения большой амплитуды, которые могут через паразитные емкости проникнуть в СУ. Целесообразнее всего применить связь СУ с СЧ через оптический канал (оптопару).

ный сигнал, который переводит этот прибор в открытое состояние.

ФСУ построено на ждущем мультивибраторе DD1, который выдает импульсы заданной длительности, засинхронизированные входными импульсами частотой 100 Гц и выдаваемые двухполупериодным мостовым выпрямителем на диодах VD1-VD4 и амплитудным усилителем-ограничителем на транзисторе VT1. Действует ФСУ следующим образом (см. временную диаграмму на рис.3).

В исходном состоянии на выходах триггера Q=0, Qинв=1. Положительным фронтом импульса, поступающим на вход С, триггер переключится, после чего наступит новое состояние Q=1 и Qинв=0, поскольку D=1. Конденсатор C1, до того момента разряженный, будет заряжаться через

рассчитан на прямой ток не менее 80 А. Транзисторы и диоды с любым буквенным индексом.

**Наладка** устройства сводится к подбору резистора R5, чтобы ток через стабилитрон VD10 был в пределах 5...15 мА, и подбору конденсатора C1, чтобы длительность импульса мультивибратора не превышала 10 мс при положении среднего контакта резистора в крайнем левом по схеме положении.

**Литература**

1. Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника. -М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. Иванов В.И., Аксенов А.И., Юшин А.М. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы. Справ. -М.: Энергоатомиздат, 1988.

# ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

С.И.Паламаренко, г.Киев

(Продолжение. Начало см. в РЭ 1-5/2001)

## Схемы включения люминесцентных ламп с применением полупроводниковых приборов

Шунтирование электродов лампы диодами или терморезисторами с отрицательным температурным коэффициентом в сочетании с обычной стартерной схемой включения позволяет повысить срок службы ламп, уменьшить мощность, потребляемую ПРА и увеличить световые параметры лампы.

На **рис.13,а** показана схема с шунтированием электродов ламп, в которой в качестве шунтирующего элемента применены терморезисторы (ТР) с отрицательным температурным коэффициентом. Схема работает следующим образом. В пусковой период при замыкании контактов стартера в цепи начинает протекать пусковой ток. Так как в холодном состоянии сопротивление ТР в 10 раз больше, чем его сопротивление в горячем состоянии, то примерно 90% пускового тока будет протекать через электроды лампы. Это обеспечивает предварительный прогрев электродов, и после нескольких последовательных контактирований электродов стартера лампа зажигается. В рабочем режиме ток лампы, протекая по ТР, разогревает его, и по прошествии 15-30 с наступает термодинамическое равновесие, когда сопротивление ТР достигает своего минимального значения. При этом рабочий ток лампы перераспределяется и проходит частично через ТР и частично через электрод. Выбирая минимальное сопротивление ТР примерно равным сопротивлению электрода лампы в горячем состоянии, можно добиться того, что рабочий ток лампы будет разветвляться на два тока. Тогда оба конца электрода будут эквипотенциальны, и лампа начнет работать в режиме, близком к режиму с двумя катодными пятнами.

При таком режиме работы лампы срок ее службы увеличивается. Наличие шунтирующего ТР также обеспечивает защиту лампы от перегрузки при замыкании электродов стартера. В таком аварийном режиме пусковой ток разогревает ТР, и с уменьшением его сопротивления примерно половина пускового тока будет протекать через ТР, минуя электроды лампы, и тем самым будет осуществлена защита лампы от перегрузки.

Схема обладает также и рядом недостатков. В пусковом режиме схема работает как обычная стартерная с присущими ей недостатками. Другой недостаток состоит в том, что после выключения лампы нужно дать время на остывание терморезистора. Если этого не сде-

лать, то шунтирующее действие ТР приведет к недогреву электродов лампы и ее холодному зажиганию. Это снижает надежность зажигания лампы.

Терморезистор, применяемый для шунтирования электродов лампы, должен удовлетворять определенным требованиям. Он должен быть рассчитан на номинальный ток не менее 0,65 А, его холодное сопротивление (при 20°C) должно быть не менее 350-400 Ом, сопротивление по истечении 0,5-1 мин после включения схемы должно составлять не менее 100 Ом, горячее сопротивление должно быть не более 20 Ом.

На **рис.13,б** приведена схема, в которой в качестве шунтирующего элемента применены полупроводниковые диоды, включенные встречно друг другу. Схема работает следующим образом. В пусковом режиме каждый полупериод ток проходит только через один шунтирующий диод и уже через 0,01 с достигает почти установившегося значения (для ламп 40 Вт ток равен 0,35 А при напряжении сети 200 В). В этом случае шунтирование электрода лампы диодом приводит к уменьшению тока предварительного подогрева, что может вызвать либо затягивание процесса зажигания лампы, либо ее холодное зажигание. В рабочем режиме каждый полупериод один диод открыт, другой закрыт. Открытым будет тот диод, который шунтирует электрод, работающий в катодном режиме. При открытом диоде рабочий ток лампы проходит по обоим выводам электрода. По мере перемещения катодного пятна по виткам электрода ток в одном проводе уменьшается, в другом увеличивается, оставаясь в среднем за период меньше номинального тока в каждой части электрода. Экспериментально доказано, что в этой схеме температура катодного пятна уменьшается, а его площадь увеличивается. При этом срок службы лампы несколько увеличивается, уменьшаются потери мощности в лампе и на 4-5% повышается их световая отдача.

Для улучшения пусковых характеристик схемы можно применить дополнительную катушку  $w_d$  (**рис.13,в**), намотанную на общий с основным дросселем магнитопровод (встречно по отношению к основной). При этом в пусковом режиме уменьшается полное сопротивление цепи и увеличивается ток предварительного подогрева (приближается к току подогрева для обычной стартерной схемы). В качестве шунтирующих диодов можно применить диоды с допустимым обратным напряжением не менее 10 В и с прямым током не менее 0,3 А.

Вместо стартеров тлеющего разряда можно с успехом использовать динисторы. Вольт-амперная характеристика динистора имеет участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением. В пусковом режиме (**рис.14,а**) при подаче на лампу напряжения питания в каждый положительный полупериод динистор остается закрытым до тех пор, пока мгновенное напряжение, приложенное к динистору, ниже включающего напряжения. Сопротивление динистора в закрытом состоянии составляет несколько десятков мегаом, поэтому ток в цепи будет весьма малым. После переключения динистора в проводящее состояние в цепи устанавливается ток предварительного подогрева и начинается процесс подогрева электродов. Напряжение на лампе при этом снижается примерно до 2 В (остаточное напряжение на динисторе ДТ1 и падение напряжения на диоде Д2). Диод в схему включают в случае, когда обратное напряжение динистора меньше амплитуды напряжения в сети.

В отрицательные полупериоды динистор закрыт, ток через электроды лампы не проходит, и напряжение на лампе равно напряжению сети. Описанный процесс автоматически повторяется до тех пор, пока электроды лампы не прогреются, и в лампе не возникнет дуговой разряд. После зажигания лампы напряжение на ней снизится до рабочего напряжения, и динистор останется закрытым, если рабочее напряжение на лампе ниже напряжения включения динистора.

Процесс зажигания лампы в схеме с динистором по сравнению с обычной стартерной схемой имеет то отличие, что разрыв контактов стартера может произойти в любой момент (при различных значениях тока предварительного подогрева, в том числе и при максимальном), а в схеме с динистором - в момент его выключения. Время зажигания лампы для ПРА с динистором обычно составляет 0,5-2 с.

Недостаток схемы заключается в следующем. В процессе горения лампы наблюдаются пики пережога, которые могут достигать до 30% амплитуды рабочего напряжения на лампе и иметь длительность до 400 мкс. Из-за этого приходится повышать напряжение включения динистора, так как возможны ложные срабатывания динистора из-за пиков пережога. Повышение напряжения включения приводит к уменьшению угла отсечки, что ухудшает эксплуатационные характеристики схемы.

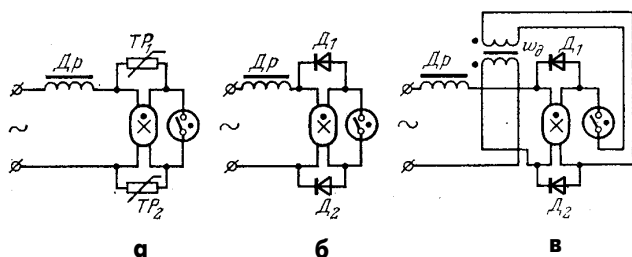


рис.13

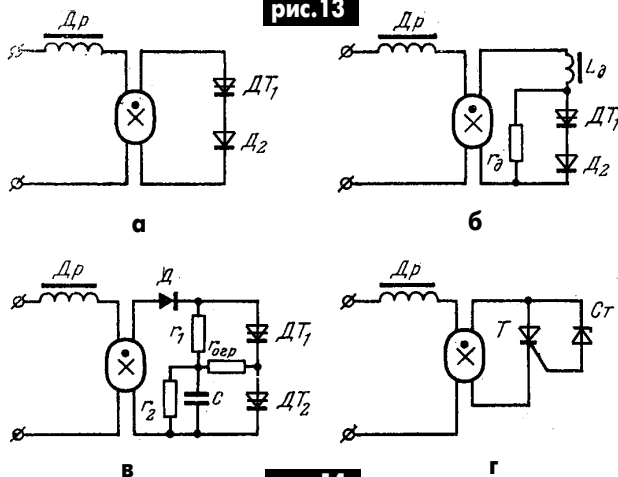


рис.14

Для устранения этого недостатка предложена схема **рис.14,б**, где для подавления пика перезажигания последовательно с динистором и диодом включена дополнительная индуктивность в виде небольшого дросселя  $L_d$ , а параллельно - резистор  $r_d$ . Опытным путем установлено, что сопротивление  $r_d$  не должно быть ниже 10 кОм. Постоянную времени добавочной цепи  $\tau_d = L_d/r_d$  выбирают из условия ее равенства половине длительности пика перезажигания, т.е. примерно 200 мкс. Исходя из этого, индуктивность дросселя должна быть не менее 2 Гн. Но введение такого элемента уменьшает пусковой ток лампы. Поэтому дополнительная индуктивность должна иметь нелинейную вольт-амперную характеристику, обеспечивающую получение большой индуктивности при малых токах (рабочий режим) и малую индуктивность при больших токах (пусковой режим). Такую индуктивность можно получить при использовании дросселя с ферритовым кольцевым магнитопроводом. Экспериментальная проверка показала, что получается снижение напряжения на динисторе на 50-75%.

На **рис.14,в** показана схема, в которой применены два динистора и гС-цепочка. В момент включения схемы конденсатор С через диод и резистор  $r_1$  заряжается, и напряжение на нем близко к амплитудному напряжению сети. Как только напряжение на С станет равным напряжению включения динистора ДТ2, он включается, и все напряжение сети будет приложено к динистору ДТ1, который тоже включается. После этого начинается режим прогрева электродов лампы. Далее схема работает так же, как и схема **рис.14,а**. Резистор  $r_{огр}$  ограничивает ток через ДТ2 при разряде конденсатора С, а резистор  $r_2$  является разрядным сопротивлением конденсатора. Сопротивления резисторов  $r_1 = 50$  кОм;  $r_2 = 500$  кОм, а емкость  $C = 2000$  пФ.

Вместо динисторов можно применить тиристор (**рис.14,г**). В цепь управляющего электрода тиристора включен стабилитрон, напряжение стабилизации которого выбрано близким к напряжению переключения тиристора. В этом случае схема будет работать аналогично схеме с одним динистором.

(Продолжение следует)

## ВЕЧНАЯ СПИРАЛЬ

Ю.Бородатый, Ивано-Франковская обл.

В химии время реакции зависит от температуры. Высокая температура спирали самодельного электронагревателя ускоряет окисление. Воздух в обогреваемом помещении превращается в окись азота - сильный канцероген. Несведущие в технике желают иметь "сильные" спирали, которые ярко светятся. Такие спирали быстро перегорают, превращаясь в окислы.

Понизить температуру спирали и при этом не изменить существенно ее сопротивление можно, увеличив массу. Эксперимент подтвердил, что увеличение массы спирали в 2-4 раза увеличивает ее жизнь практически до бесконечности.

У кустарных производителей заказать спираль с большой массой почти невозможно. Они хорошо знают свой бизнес и наотрез отказываются "пилить сук, на котором сидят". Как же увеличить массу базарных спиралей? Можно взять две спирали и, вложив одна в другую, включить через мощный диод или несколько диодов, соединенных параллельно (**рис.1**). Если по каким-либо причинам не подходит первый

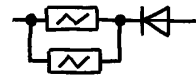


рис.1

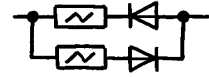


рис.2

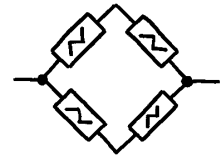


рис.3

вариант, можно использовать второй (**рис.2**). Третий вариант (**рис.3**) использует правило последовательно-параллельного соединения, когда четыре спирали образуют одну той же мощности. Температура комбинированной спирали уменьшается пропорционально увеличению объема (массы), а количество тепла не изменяется.

Издательство "Наука и Техника" приступило к воплощению  
нового проекта: **АЛЬБОМЫ СХЕМ**  
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Схемы имеют  
техническую  
защиту от  
ксерокопирования

СХЕМЫ выпускаются по восьми тематикам: **телевизоры, видеокамеры, техника связи, видеотехника, аудиотехника, бытовая техника, автоэлектроника, офисная техника.** Схемы, упакованные в файлы, рекомендуется помещать в скоросшиватель, формируя собственные наборы схем. Для каждой из восьми тематик разработана цветная обложка, предназначенная для оформления подборки. Издательством регулярно выпускаются новые НАБОРЫ СХЕМ и каталоги.

# ЭНЦИКЛОПЕДИЯ



# СХЕМ

© Наука и Техника  
оригинал-макет, 2001

Приобрести НАБОРЫ СХЕМ можно оптом, в розницу, почтой.  
В России: Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, 107  
(812)-567-70-25, (812)-567-70-26, e-mail: nit@mail.wplus.net  
для писем: 193029 СПб, а/я 44, ООО "Наука и Техника".  
На Украине: Киев, (044)-559-27-40, e-mail: nt@ambemet.kiev.ua  
для писем: 01105 Киев, ул. Строителей, 4, "Наука и Техника".

**Подробное авторское описание устройства, принципов работы, рекомендации по ремонту и обслуживанию, а также сведения по элементной базе на рассмотренные в НАБОРАХ СХЕМ модели Вы найдете в книгах издательства «Наука и Техника» или в специально выпускаемых пояснительных брошюрах. Ссылки на эту литературу Вы найдете в каждом НАБОРЕ СХЕМ.**

# Электроблок для подвешенного лодочного мотора

Д.Л.Крошко, г.Черкассы

В системах зажигания подвесных моторов обычно применяется магнето, энергия искры при этом зависит от скорости вращения маховика с постоянным магнитом. При использовании ручного стартера скорость маховика мала, что снижает надежность запуска. Применение электроблока позволяет получить мощную искру при пуске двигателя, обеспечивает контроль температурного режима и числа оборотов. Схема электроблока и подключенных к нему электрических цепей мотора показана на **рисунке**.

Электроблок подключен к мотору с помощью кабеля с 10-контактными разъемами. Перед запуском двигателя переключатель SA1 устанавливается в (нижнее по схе-

ме) положение "ПУСК". Ток аккумуляторной батареи GB1 протекает через токоограничивающий резистор R1, низковольтную обмотку трансформатора T1 и контакты прерывателя. После запуска двигателя переключатель SA1 устанавливают в верхнее по схеме положение "РАБОТА", при этом низковольтная катушка трансформатора T1 отключается от аккумулятора и подключается к катушке зажигания магнето.

Преимущества такого решения по сравнению со схемой [1] - исключение протекания тока аккумулятора через катушку магнето и возможное размагничивание магнита при неправильном подключении аккумулятора.

Прибор P1 позволяет контролировать температурный режим двигателя. Для контроля температуры выбрана схема [2] с некоторыми изменениями. Применение однопереходного транзистора в качестве датчика позволило реализовать линейную шкалу измерения температуры 0...100°C. При нажатой кнопке SB1 прибором P1 контролируют напряжение аккумулятора по шкале 0...10 В. Прибор P2 предназначен для контроля числа оборотов двигателя. Тахометр выполнен по схеме [3] с некоторыми внесенными изменениями. При нажатой кнопке SB2 прибором P2 контролируют величину зарядного тока.

В электроблоке возможно применение 6-вольтовых аккумуляторов емкостью от 4 до 10 А•ч, используемых в переносных импортных фонарях с лампами дневного света. Заряжать аккумулятор можно либо от катушки зажигания работающего двигателя (положение "1" переключателя SA2), либо от внешнего зарядного устройства (положение "2"), подключаемого к электроблоку через разъем XP1. Розетка XS2 позволяет использовать электроблок для питания внешних нагрузок.

Электроблок выполнен в корпусе размером 160x160x160 мм. Все приборы, разъемы и органы управления расположены на съемной верхней крышке, аккумулятор установлен на дне корпуса. Высоковольтный трансформатор типа ТЛМ, а датчик температуры VT1 устанавливают на подвешенном моторе.

Резистор R1, ограничивающий величину зарядного тока, выбирают из соотношения:

$$R1 = (U_{ак} - I_r R) / I_r,$$

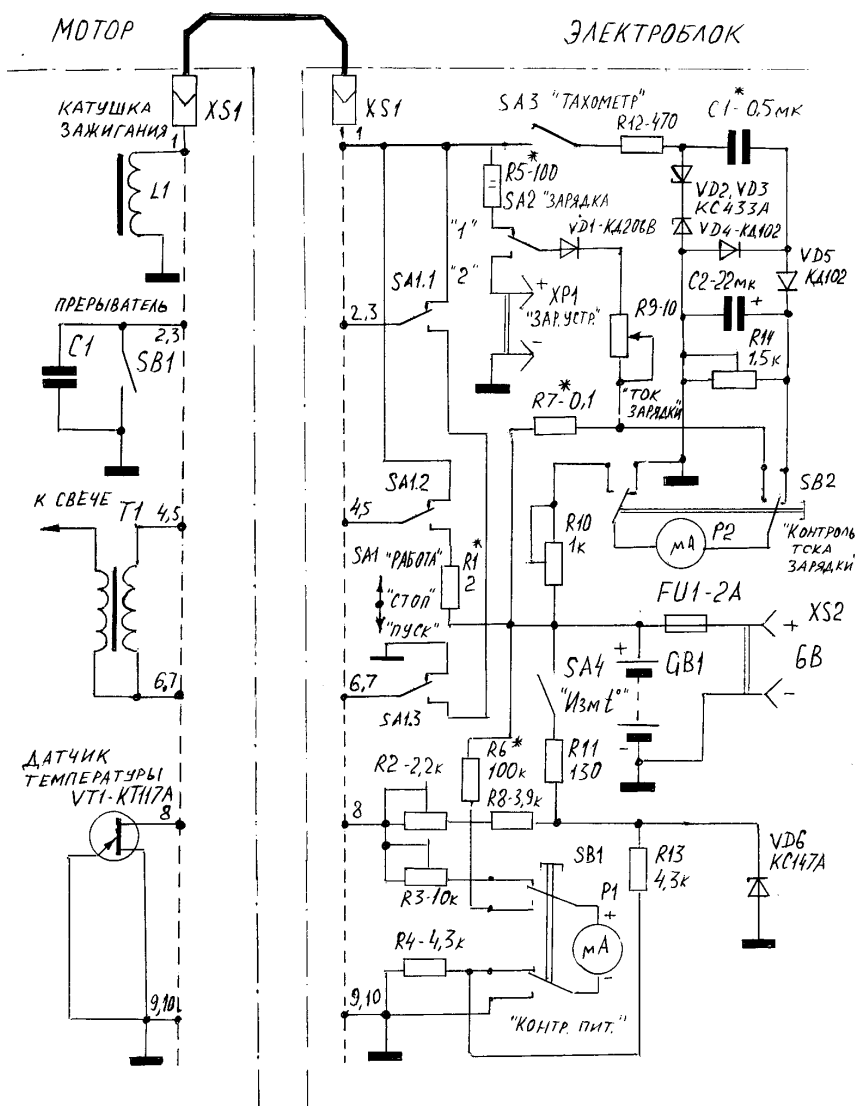
где  $U_{ак}$  - напряжение аккумулятора;  $I_r$  - допустимый для данного аккумулятора зарядный ток;  $R$  - сопротивление низковольтной обмотки трансформатора T1.

При  $I_r * R \geq U_{ак}$  резистор R1 не устанавливают. Сопротивление резистора R5 ограничивает влияние цепи заряда аккумулятора на работу системы зажигания.

Калибровку схемы измерения напряжения аккумулятора проводят путем подбора сопротивления R6, схему измерения зарядного тока регулируют при помощи резистора R10. Настройка схем измерения температуры и числа оборотов подробно описано в литературе [2,3].

### Литература

1. Шаула В. Аккумулятор в помощь магнето//Катера и яхты. - 1990. - №6. - С.82.
2. Нечаев И. Простой тахометр: каким он может быть?//Радио. - 1992.-№8.- С.82.
3. Сонин Е. Радиотехника в катерах и яхтах. - М.: Радио и связь, -1982.





# Дайджест по автомобильной электронике

<http://schematic.by.ru>

## Вольтметр с точностью 0,1 В

Для предотвращения преждевременного выхода из строя дорогостоящего аккумулятора необходимо следить за работой реле-регулятора напряжения и состоянием бортовой электросети автомобиля. Напряжение в ней не должно отличаться более  $\pm 3\%$  от оптимальной величины, которая определяется условиями эксплуатации аккумулятора и зависит от его технического состояния, климатической зоны. Чем точнее поддерживается оптимальное напряжение при подзарядке аккумулятора от батареи, тем дольше она прослужит. Большое значение имеет правильная работа генератора. При повышении напряжения выше оптимального на 10-12% (около 0,15 В) срок

службы аккумулятора и электроламп сокращается в 2-2,5 раза. Нужен специальный вольтметр, измеряющий напряжение в диапазоне 13-15 В с точностью до 0,1 В. Можно изготовить подобный с растянутой в диапазоне 10-15 В шкалой. Повышенная точность измерений, линейная шкала во всем диапазоне, отсутствие собственного источника питания, элементы защищены, не влияющие на точность измерений, регулирование зоны "растяжки" шкалы - отличительные особенности его. Прибор выполнен на базе операционного усилителя и представляет собой измеритель разности напряжений.

Принципиальная схема вольтметра показана на **рис.1**.

Питается вольтметр от объекта измерения. Начальное сме-

щение, относительно которого начинают измерение, устанавливается сопротивлениями резисторов R3, R4, а величину обратной связи (определяющую коэффициент усиления ОУ DA1 и степень "растяжки" диапазона) - сопротивлениями резисторов R5, R6. Стабилитрон VD3 обеспечивает смещение на неинвертирующем входе DA на величину, равную приблизительно половине измеряемого падения напряжения, что необходимо для работы ОУ с однополярным питанием. Сопротивление резистора R7 зависит от чувствительности микроамперметра РА и максимального выходного напряжения ОУ относительно катода VD3. Диоды VD1, VD2 обеспечивают защиту ОУ, а VD4, VD5 - микроамперметра от перегрузки по току. VD1 за-

прещает прохождение тока отрицательной полярности через резистор R1 и операционный усилитель. Возможно прохождение тока через стабилитрон VD3, диод VD2 и резисторы R2-R4. Между входами ОУ (выводы 2,3) установится разность потенциалов не более 0,7 В. Такое же падение напряжения будет на выводе 3 относительно вывода 4. Таким образом обеспечивается надежная защита ОУ от перепутывания полярности при подключении. Постоянные резисторы типа МЛТ, в качестве подстроечных желательнее использовать многооборотные типа СП5-2, СП5-3, СП5-14, можно и другие типы ОУ, например, К140УД7, К140УД1А, К553УД1 с соответствующими цепями коррекции. Диоды - любые маломощные кремниевые. Стабилитрон КС147А можно заменить на КС156А, но, возможно, тогда ухудшится температурная стабильность вольтметра и потребуются уточнить номиналы резисторов R1-R3. Микроамперметр типа М906 или М24 с током полного отклонения 50 мкА и шкалой, соответствующей выбранной зоне измерения. Можно применить и другие стрелочные приборы с током полного отклонения до 1 мА. В этом случае необходимо подобрать величину сопротивления R5 с учетом выбранного значения падения напряжения на нем (около 1,5 В). Настройка вольтметра сводится к его калибровке, которую выполняют с помощью регулируемого источника питания с выходным напряжением 9-16 В и образцового вольтметра, например, В7-16, ФЗО, ВР-11. Подстроечные резисторы устанавливают в среднее положение и на вход вольтметра подают напряжение 12-13 В, контролируя его по образцовому прибору. Стрелка настраиваемого вольтметра должна отклониться от нулевого значения. Затем на выходе источника питания устанавливают напряжение 10 В ( $\pm 0,05$  В) и резистором R4 переводят стрелку вольтметра на нулевое деление. Увеличив измеряемое

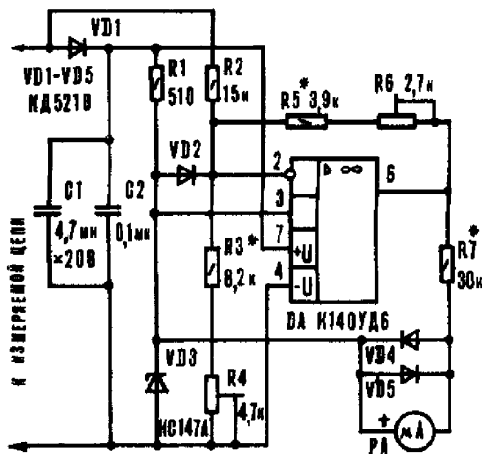


рис.1

### Технические характеристики вольтметра

- Диапазон измеряемых напряжений, В . . . . . от 10 до 15
- Погрешность измерений при температуре  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ , не хуже, % . . . . . 0,5
- Дискретность, В . . . . . 0,05
- Входное сопротивление, не менее, кОм . . . . . 0,75
- Диапазон рабочих температур,  $^\circ\text{C}$  . . . . . от -10 до +35
- Габариты (с микроамперметром М906), мм . . . . . 65x105x120

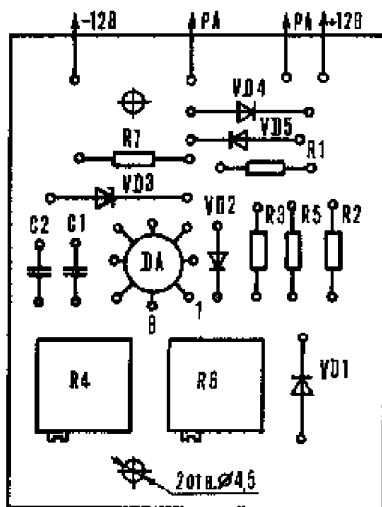
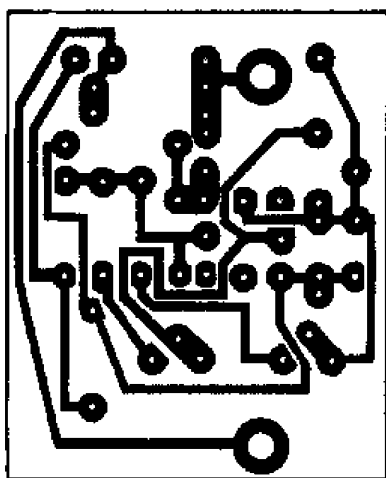


рис.2

напряжение до  $15 \pm 0,05$  В, резистором R6 устанавливают стрелку на конечное деление шкалы. Повторив указанные операции для 10 и 15 В, добиваются точной настройки вольтметра в диапазоне 13-14,5 В. Во время налаживания реле-регулятора напряжение измеряют на клеммах аккумулятора. Вид печатной платы и расположение элементов на ней показаны на рис.2. Плату устанавливают на контактные болты микроамперметра М906 и помещают вместе с ним в коробку.

Моделист-Конструктор №12, 1990 г., стр.27

**Реле указателя поворотов**

Реле указателя поворотов способно работать от источников тока напряжением 12 и 6 В (пригодно для установки и на многие модели мотоциклов). Периодичность включения ламп и звуковых сигналов 1 с.

Принципиальная схема устройства показана на рис.3. На микросхеме DD1 типа KP512ПС10 собран задающий генератор, работающий на звуковой частоте 1 кГц. С выхода Q1 счетчика МС прямоугольные импульсы частотой 1 Гц поступают на вход ключевого усилителя тока на транзисторах VT1-VT4. На базу транзистора VT1 поступают также (через резистор R2) импульсы с частотой 1 кГц с задающего генератора. Параметрический стабилизатор VD1R3 служит для питания DD1 стабильным напряжением. Ключевой усилитель тока питается нестабилизированным бортовым напряжением. Общее потребление устройства по току при выключенных сигнальных лампах не превышает 7 мА, поэтому выключателя питания в реле нет.

После включения указателя поворотов (переключатель SA1 в положение, например, "П" - поворот вправо) составной транзистор VT3VT4 начинает периодически открываться, входя в насыщение. Время, в течение которого он насыщен, равно 0,5 с. Следующие 0,5 с транзистор с частотой 1 кГц переходит из активного состояния в закрытое. Форма напряжения на сигнальных лампах показана на рис.4 (для напряжения бортовой сети  $U_{бс}=6В$ ). В течение полупериода напряже-

ние на лампах HL3, HL4 (Ул) постоянно и равно 5,5 В, поэтому они светят полным накалом. В течение второго полупериода напряжение Ул (последовательность коротких импульсов с частотой 1 кГц) лампы практически не светят, хотя их нити и остаются горячими. При этом падение напряжения на лампах HL3, HL4 передается через диод VD2 на звукоизлучатель HA1, который воспроизводит звуковой сигнал частотой 1 кГц. При бортовой сети с напряжением 12 В резистор R3 следует заменить на другой (1,5 кОм в мощность 1 Вт). Уменьшить громкость звучания сигнала можно включением последовательно со HA1 резистора сопротивлением 51...82 Ом. Можно применить резисторы типов МТ, ОМЛТ, С2-33А мощностью не менее 0,25 Вт. Конденсатор C1 - КЛС, КМ или К10-17. Транзисторы KT315B можно заменить на КГ312А, КТ608А, КТ603А; КТ313Б - на КТ630Г; ГТ806А - на ГТ701А. Вместо составного транзистора (VT3VT4) можно использовать KT825А или KT825Б, а вместо диодов КД102Б - любые другие с прямым током не менее 0,3. В качестве звукоизлучателя подойдет телефонный капсюль с сопротивлением не менее 50 Ом. Переключатель SA1 - тумблер П2Т-14 или любой другой со средним положением и допустимым током через контакты не менее 4 А. Все детали реле указателя поворотов, кроме тумблера и капсюля, смонтированы на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Транзистор VT4 следует установить на массивный теплоотвод, прикрепленный к плате. Плату и капсюль размещают в коробке из листового дюралюминия, которую крепят в удобном для водителя месте. При правильном монтаже и исправных деталях реле налаживать не нужно. Если в бортовой сети переменное напряжение, ключевой усилитель тока следует питать через выпрямитель, а микросхему - от трех гальванических элементов 316,343,373 или от батареи 3336. При этом необходимость в параметрическом стабилизаторе отпадает. Для более устойчивой работы транзистора VT4 следует его эмиттерный переход зашунтировать

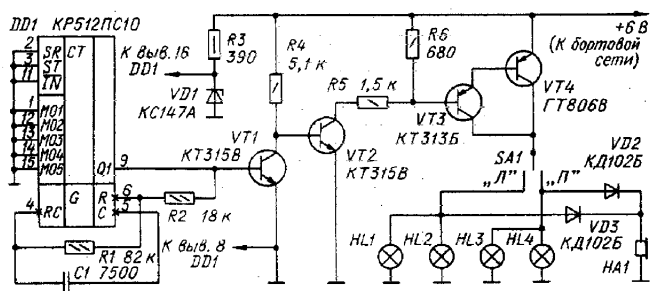


рис.3

резистором сопротивлением 200...300 Ом мощностью 1 Вт. **Разряжается аккумулятор. Что делать?**

Нормально работающий генератор автомобиля должен обеспечивать всех потребителей и заряжать аккумулятор. Проверку его начните с определения состояния и натяжения приводного ремня. Ремень не должен иметь расслоений, трещин и других видимых дефектов. Затем необходимо проверить состояние токосъемных щеток и реле регулятора напряжения. Щетки должны быть размером не менее 5-6 мм, в противном случае их следует заменить. Для иномарок временно подойдут щетки от отечественных автомобилей. Главное - аккуратно их перепаять.

Если напряжение генератора меньше 14 или выше 14,6 В, то необходимо заменить реле регулятора напряжения. При низком напряжении (если не помогает замена реле регулятора) нужно проверить ток и напряжение на обмотке возбуждения генератора. Напряжение на обмотке возбуждения гене-

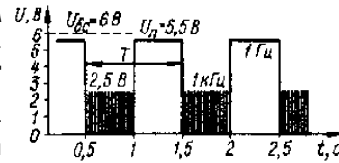


рис.4

раторов отечественных автомобилей равно 14,2 В. Ток возбуждения, например, генератора Bosch90А должен быть 200 мА. Если он меньше, то следует проверить всю цепь до системного интегрального реле регулятора напряжения (оно, чаще всего, находится за панелью приборов на щитке водителя).

Если при работе генератора слышен "пищащий" звук, то следует ослабить ремень генератора, проверить люфт его подшипников и при значительном люфте заменить их. На иномарки подойдут и наши подшипники, только лучше покупать подшипники более высокого класса точности (для большего срока службы). Для генератора Bosch90А подходят подшипники 303 и 201, закрытые с двух сторон.

**ЗАО "Парис"**  
*Все для коммуникаций*

разъемы D-SUB, CENTRONICS, BNC, N, F и другие	кабель витая пара, коаксиал и телефония 3-й и 5-й категория
шнуры интерфейсные	стаканы, скобы и крепежные компоненты
сервисные, SCSI, переходники и др.	фирмы KSS
клеммы, клеммники, панели под микросхемы	машины, сетевое оборудование и прочие компоненты
и прочие компоненты	заборы инструментов

**Приглашаем к сотрудничеству дилеров**

магазин "Нью-Парис" Киев, проспект Победы, 26  
Тел. 241-95-87, 241-95-89, факс 241-95-88

**Действует система скидок!**

## О ТЕМПЕРАТУРЕ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ СНИЖЕНИЯ

В этом номере публикуется статья Ю.Бородатого "Вечная спираль". Автор справедливо считает, что для повышения надежности спирали нужно снижать ее температуру. А можно ли рассчитать, насколько при этом снижается температура? Попробуем это сделать.

Практически вся электроэнергия в спирали превращается в тепло, а практически все тепло уходит в пространство путем лучеиспускания. С единицы поверхности нагретого тела по закону Стефана-Больцмана излучается мощность  $P_{из} = \sigma T^4$ , где  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>) - постоянная Стефана-Больцмана;  $T$  - абсолютная температура (в Кельвинах). Закон этот относится к так называемому абсолютно черному телу, но сильно нагретые тела можно условно считать абсолютно черными. После прогрева нагревателя наступает термодинамическое равновесие, когда получаемая и рассеиваемая мощности равны друг другу:

$$\sigma S_p T^4 = U^2/R, \quad (1)$$

где  $S_p$  - площадь излучающей поверхности;  $U$  - напряжение нагревателя;  $R$  - его сопротивление при температуре равновесия;  $R = \rho L/S_c$ ;  $\rho$  - удельное сопротивление материала нагревателя;  $L$  - его длина;  $S_c$  - площадь сечения материала нагревателя. Для нагревателя цилиндрической формы (а любая проволока имеет такую форму)  $S_p = \pi dL$ ,  $d$  - диаметр проволоки,  $S_c = \pi d^2/4$ . Удель-

ное сопротивление материала линейно зависит от абсолютной температуры и примерно равно  $\rho = \rho_0 T k$ , где  $\rho_0$  - удельное сопротивление при 0°C;  $k = 0,0036$ . Подставив все эти данные в (1) и проведя преобразования, получим для температуры термодинамического равновесия

$$T^5 = U^2 d / 4 \sigma \rho_0 k L^2. \quad (2)$$

Таким образом, предлагаемое в статье "Вечная спираль" увеличение длины спирали в 4 раза приведет к снижению абсолютной температуры в  $4^{2/5} = 1,75$  раза. Например, если при одной спирали температура была 1400 К (1127°C), то теперь она станет 800 К (527°C). Но при этом в 1,75 раза уменьшится и омическое сопротивление спирали, а следовательно, во столько же раз возрастет мощность, выделяемая в спирали.

При выводе формулы (2) не ставилась задача фиксации мощности, поэтому изменение любой одной из величин приводит к изменению мощности нагревателя. Поэтому, если просто уменьшить напряжение, то для сохранения мощности нужно адекватно изменить какой-либо из параметров нагревателя. Например, у стальной проволоки  $\rho_0$  в 10 раз меньше, чем у нихромовой, и тогда мощность нагревателя можно получить, заменив нихромовую проволоку стальной и уменьшив напряжение в  $10^{1/2} = 3,16$  раза.

### Юным электрикам

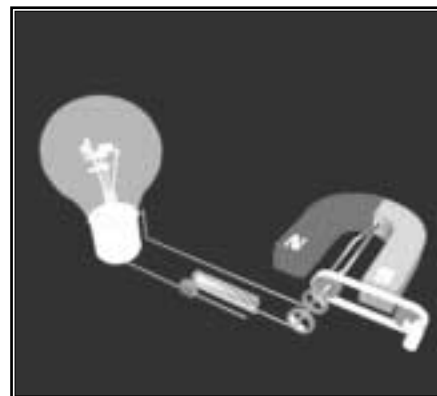
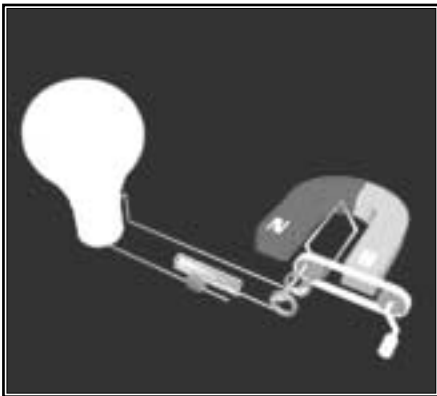
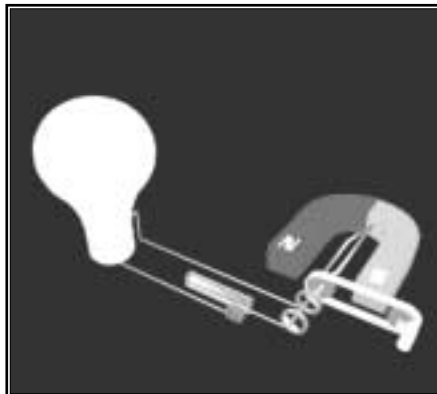
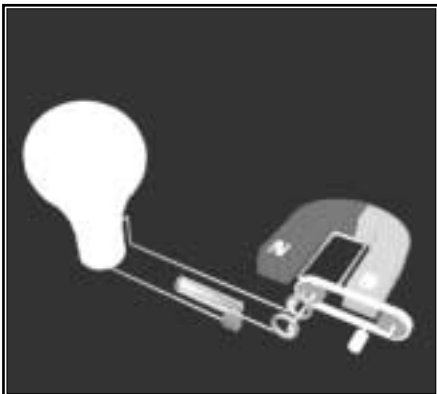
# РЕОСТАТ

Реостат – это устройство, предназначенное для регулирования величины тока и напряжения в электрической цепи. Основные части его – резистивный элемент и подвижный контакт, с помощью которого мож-

но плавно или ступенчато регулировать сопротивление включаемой в цепь части резистивного элемента. Для изменения величины тока или напряжения реостат включают в цепь последовательно с потребителем электроэнергии.

Часто реостат выполнен в виде проволочной катушки сопротивления, с боковой поверхностью которой соприкасается скользящий контакт. Когда контакт установлен так, что в цепь включены только несколько витков катушки, сопротивление резистивного элемента минимально, падения напряжения на нем практически нет, ток в цепи максимален и электролампочка светит полным светом. При движении скользящего контакта все большее число витков катушки включается в цепь, сопротивление резистивного элемента возрастает, падение напряжения на нем увеличивается, сила тока в цепи падает, и снижается яркость свечения лампочки.

Реостаты применяются, например, для ограничения величины пускового тока в электрических машинах или как регуляторы и датчики перемещения, когда величина сопротивления реостата пропорциональна величине перемещения (линейного или углового).



# Интересные устройства из мирового патентного фонда

В патенте Великобритании 2220533 описана **схема согласующих устройств по уровням сигналов**. Источник переменного тока (**рис.1**) подключается к нагрузке Н через симистор VS1 с фазовым управлением. Управление осуществляется от той же сети переменного тока, но через два встречно включенных стабилитрона VD1 и VD2 и балластный резистор R2. Чем выше напряжение стабилизации указанных стабилитронов, тем с большей задержкой относительно нуля сетевого напряжения включается симистор, тем ниже напряжение на нагрузке Н. Таким образом можно подобрать пары стабилитронов на требуемое напряжение нагрузки.

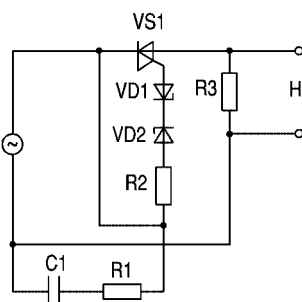


рис.1

Любопытная **схема выпрямителя** приведена в патенте США 4899271. Схема (**рис.2**) позволяет для двухполупериодного выпрямителя обойтись без средней точки трансформатора Т1. Средняя точка организуется искусственно с помощью двух дросселей L1 и L2. Одновременно решается проблема фильтрации пульсаций, поскольку эти дроссели вместе с конденсатором С1 образуют фильтр, благодаря чему на нагрузке получается выпрямленное напряжение практически без пульсаций.

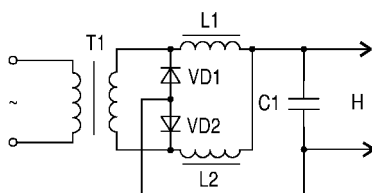


рис.2

В патенте Японии 2-24098 описан **выключатель-ограничитель переменного тока**. В нормальном режиме (выключатель 2 **рис.3** замкнут) конденсатор С1 и первичная обмотка трансформатора Т1 образуют последовательный контур на сетевой частоте, сопротивление которого мало, и он не мешает работе. Напряжения во вторичной обмотке трансформатора Т1 недостаточно для включения реле 1, которое управляет выключателем 2. При возникновении короткого замыкания в нагрузке напряжение на вторичной обмотке Т1 возрастает и реле 2 включается, размыкая выключатель 2. Возросший ток вторичной обмотки смещает частоту резонанса последовательного контура С1 - первичная обмотка Т1, и основную роль начинает играть параллельный контур L1 - С1Т1, сопротивление которого достаточно велико. Благодаря этому ограничивается импульс тока короткого замыкания до момента срабатывания реле 2.

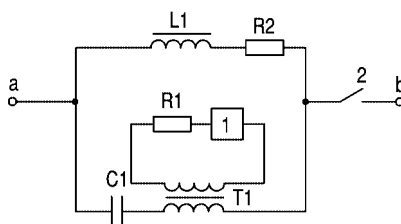


рис.3

**Аварийное размыкающее устройство** описано в патенте ЕПВ 0374506. Провода линии переменного тока проходят через трансформатор тока 1 (**рис.4**), на сердечнике которого намотаны две первичные обмотки, включенные встречно друг другу. Во вторичной обмотке включен исполнительный механизм 2 (реле). В нормальном режиме токи в первичных обмотках одинаковы и компенсируют друг друга, поэтому во вторичной обмотке

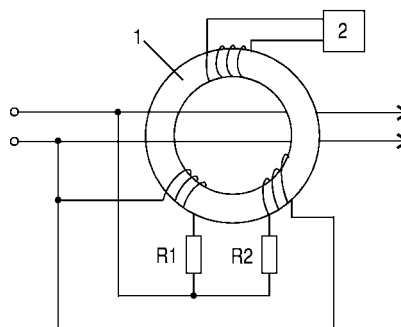


рис.4

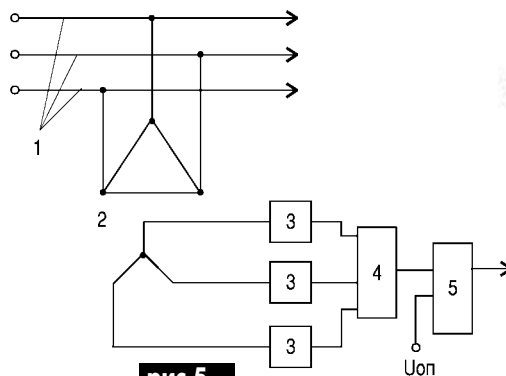


рис.5

ке напряжение нулевое. Если по каким-либо причинам (КЗ, пробой на землю) токи в линиях становятся разными, то во вторичной обмотке появляется напряжение, включается реле 2, контакты которого отключают линию.

**Схема определения обрыва фазы** описана в патенте Японии 2-26448. Как известно, обрыв фазы весьма опасен для работы электродвигателей, которые в этом случае могут выйти из строя. В схеме **рис.5** к проводам трехфазной линии 1 подключен трехфазный трансформатор 2, у которого первичные обмотки включены треугольником, а вторичные - звездой. К выходам вторичных обмоток подключены согласующие устройства 3, сигналы которых поступают на сумматор 4. С выхода сумматора напряжение подается на компаратор 5, в котором сравнивается с опорным напряжением Uоп. Когда включены все три фазы, напряжение на выходе сумматора близко к нулю, и на выходе компаратора напряжение также нулевое. При обрыве фазы сумма напряжений становится ненулевой, компаратор срабатывает и включает исполнительный механизм, отключающий напряжение в трехфазной сети.

В патенте ЕПВ 0377285 описан **способ удаления льда с проводов воздушной линии электропередачи**. Способ (**рис.6**) заключается в том, что на главный провод 1 с помощью обечайки 2 закрепляется накладка 3 со вспомогательным проводом высокого сопротивления 4. Между накладкой 3 и основным проводом 1 находится слой материала 5, который при температуре выше нуля работает как изолятор, а при температуре ниже нуля становится проводящим. При этом во вспомогательном проводе появляется напряжение, он прогревается и не дает образоваться льду на поверхности основного провода.

В патенте Германии 3840305 описано **электрическое устройство для питания нагрузки**. Между источником пита-

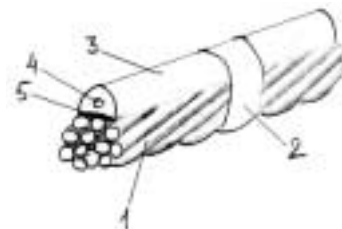


рис.6

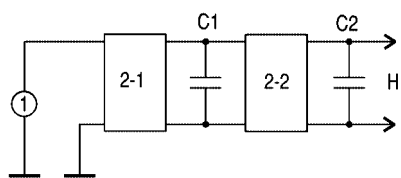


рис.7

ния 1 (рис.7) и нагрузкой Н включены два конденсатора С1 и С2 и два управляемых контакта 2-1 и 2-2. Контакты включаются по очереди: вначале конденсатор С1 подключается к источнику 1 через контакт 2-1 и заряжается, затем С1 отключается от источника и через контакт 2-2 заряжает конденсатор С2, подключенный к нагрузке. Поскольку контакты 2-1 и 2-2 никогда не включаются одновременно, а только по очереди, непосредственной гальванической связи между источником и нагрузкой нет, что бывает необходимо в ряде приложений.

**Преобразователь ортогонального напряжения в постоянное** описан в авторском свидетельстве СССР 1631679. Для получения постоянного напряжения на

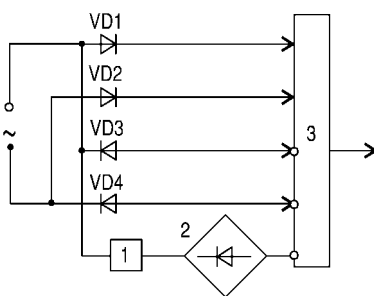


рис.8

выходе выпрямителя необходимо отфильтровать гармоники двухполупериодного напряжения выпрямителя. В устройстве рис.8 кроме выпрямительных диодов VD1...VD4 включен удвоитель частоты 1 со своим выпрямителем 2. В сумматоре-вычитателе 3 коэффициенты подобраны так, чтобы наиболее опасная 2-я гармоника выпрямленного напряжения была скомпенсирована сигналом удвоенной частоты. В результате требования к фильтрации гармоник резко снижаются.

В патенте Японии 2-31567 описан спо-

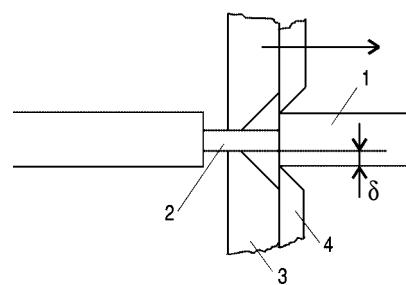


рис.9

**Соб зачистки провода от изоляции.** Вначале с изолированного провода 1 (рис.9) снимают узкую полоску изоляции, при этом образуется кольцевая канавка с неизолированной жилой 2. Затем на эту канавку надевают инструмент, состоящий из кольцевого скребка 3, входящего в канавку, и кольцевого ножа 4, частично входящего в изоляцию. Лезвия ножей отстоят от жилы 2 на определенное расстояние  $\delta$ . Перемещение инструмента по направлению, указанному стрелкой, приводит к снятию изоляции.

## МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА "ЭНЕРГОФОРУМ "УКРАИНА - 2001"

С 22 по 25 мая в киевском Дворце спорта состоялась международная выставка "Энергофорум "Украина-2001". В выставке участвовало 129 организаций из Украины, России, США, Италии и других стран. Выставка имела весьма широкий характер, она относилась не только к электроэнергетике, но и вообще к топливно-энергетическому комплексу: это и системы тепло- и водоснабжения, оборудование для нефтегазовой промышленности, разнообразное измерительное и технологическое оборудование и мн. др.

Одновременно с выставкой состоялась международная конференция "Энергетическая безопасность в Европе. Взгляд в XXI век", которая проходила в Доме кино. На конференции работали четыре секции: "Нефть и газ", "Энергетика", "Ядерная энергетика и экологическая безопасность" и "Энергосбережение и энергоэффективность". Конференция показала современные изменения во взглядах Европы на собственную энергетическую безопасность и потребовала переосмысления роли и места нашей страны в будущей конфигурации европейского энергетического рынка. Это потребует качественных внутренних преобразований, создания прозрачных и четких правил для ведения бизнеса, привлечения инвестиций.

На выставке были представлены журналы нашего издательства, в том числе "Радиоаматор-Электрик". Вообще, в области электротехники и энергетики появилось множество журналов, также представленных на выставке: "Электропанорама", "Энергетика и рынок", "Энергетика и электротехника", "Энергетическая политика Украины", "Энергобизнес", "ЭС-ТА", "Энергоинформ" и др.

Каждая выставка - возможность для специалистов пообщаться друг с другом, показать свои разработки и свою продукцию, обменяться мнениями. В этом - несомненная польза выставки "Энергофорум "Украина - 2001".

## НОВОСТИ

**В США возобновляется строительство АЭС.** В штате Калифорния периодически начали происходить веерные отключения электричества. Это объясняется установившейся жарой и ремонтными работами на электростанциях штата. Специалисты считают, что массовое использование кондиционеров из-за жары обострило энергетическую проблему. В целом энергетические проблемы Калифорнии связывают с неудавшимися планами приватизации, в рамках которых энергетические компании планировали приступить к строительству новых электростанций.

За развитием ситуации в Калифорнии с беспокойство следит администрация Президента США. В частности, в Белом Доме сейчас обсуждается возобновление строительства в стране атомных электростанций. Вице-президент США Дик Чейни сообщил, что в течение ближайших 20 лет в стране для преодоления энергетического кризиса необходимо построить не менее 1300 новых электростанций. Значительная их часть будет атомными. Сейчас в США работают 103 АЭС. Строительство новых АЭС было прервано в 1979 г. после аварии на АЭС Тримайл Айленд.

**Семинар в Энергоатоме.** 16 мая в НАЭК "Энергоатом" состоялся семинар по подготовке руководителей команд партнерских проверок Всемирной ассоциации организаций, эксплуатирующих атомные электростанции (ВАО АЭС). ВАО была создана в 1989 г. для обмена опытом эксплуатации операторов атомных электростанций. Все атомные электростанции мира, на которых работает 438 энергоблоков, являются членами организации и объединены в Парижский, Токийский, Атлантический и Московский центры. Штаб-квартира ВАО находится в Лондоне.

Партнерские проверки - это не инспекции, они проводятся по добровольному приглашению атомных станций. Длятся примерно по три недели. На протяжении этого времени эксперты из 8-10 стран (15-20 чел.) проверяют основные виды деятельности, организационную структуру и административное управление производством, эксплуатацию и ремонт атомных блоков, инженерно-техническое обеспечение, радиационную защиту, химическую технологию, подготовку и квалификацию персонала, противопожарную защиту и др. Результат проверки - конфиденциальный вывод, который передают станции и эксплуатирующей организации.

В состав Московского центра входят 13 стран, в которых эксплуатируется 68 энергоустановок советской конструкции. Это страны бывшего СССР и Финляндия. Каждый год Московский центр осуществляет 5 партнерских проверок.

**“ЭТО НАДО ЖЕ!”***Л. Алешников, г. Киев*

...Ох и прав же был Григорий Сковорода, пустив в мир афоризм: “Всякому городу нрав и права”! Каждый раз, как судьба заносит меня на подворье Козьмы Кузьмича, вспоминаются эти слова украинского классика. Кузьмич - мужик непростой. И хотя руки у него золотые (и по части кирпичный дом под крышу подвести, и по слесарному делу, да и по столярному не промах), но вовсе не эти полезнейшие таланты сделали его знаменитым по-настоящему!

Козьма Кузьмич - старый и заядлый радиолобитель, притом с весьма солидным стажем. И заметьте, радиолобитель со странностями!

Знавал, знавал я на своем веку радиолобителей во множестве (сам, признаться, грешен и весьма!). Должен заметить, многие НЕ радиолобители вообще считают нашего брата, как бы это сказать... Ну вы меня поняли, да? Особенно удивляются радиолобителям, например, собиратели спичечных этикеток, старинных и куда не годных писчих перьев или марок, посвященных Мао-Цзедуну. И уж совсем-совсем не понимают нас коллекционеры пустых пивных банок.

Но мы-то, радиолобители, казалось бы, друг друга не только можем за сто верст услышать без проблем (и таки слышим!), но и понять сразу или чуть погодя. И согласитесь, это не только я так думаю.

А вот познакомился с Козьмой Кузьмичем и думать так перестал... Так вот, значит, встретил меня на подворье сам хозяин - Козьма Кузьмич и, как между добрыми людьми водится, пригласил заходить. Добы оценить его новую разработку.

Заглушив собственный беззвучный душевный вопль, последовал я за хозяином, отряхиваясь от снега. Мы проследовали через уютную, крытую веранду в теплую и просторную комнату. В дальнем, левом, ее углу находилась святая святых - радиохозяйство Козьмы. То самое, которое “со странностями”. А “странность” первая заключалась в том, что в современную электронику (это все знали) Кузьмич не верил точно так же, как “ничья бабушка” из знаменитой “Вороньей слободки” (см. “Золотой теленок”) не верила в электричество!

Не только микросхем, но и транзисторов (даже ранних разработок) Козьма в доме не держал. Так что если приходила мне такая фантазия - попасть, как на машине времени, в довоенное прошлое (тридцатые, т. е. годы), то пожалуйста, Козьма Кузьмич всегда рад!

“Странность” вторая состояла в том, что никаких чехлов, корпусов, фальшпанелей Кузьмич в упор не признавал. Но под это подводилось сверхмощное идеологическое обоснование - экономия электроэнергии! В самом деле, рассуждал Козьма Кузьмич, к

чему развешивать разные там люстры и светильники, если, в сущности, электронные лампы освещают помещение “как бы между прочим”!

Теперь Вам понятно, что третья “странность” - это почти полное отсутствие в комнате каких бы то ни было осветительных устройств. Единственное исключение - это “пятячок” на монтажном столе Кузьмича - паял он все-таки при свете 25-ваттной лампочки.

Будучи приверженцем самой современной электроники, каждый раз, попадая в этот заповедник старины, я со смешанным чувством глубокого внутреннего отвращения, почтения и любопытства соприкасаясь с живым прошлым электронной техники. Обыкновенно Козьма, включив какой-нибудь из своих приборов, как бы загнипнотизированный, погружался в созерцание разгорающихся светло-багровым светом радиоламп... Хорошо контрастировал с ними тускло-зеленый, дрожащий, как крылья бабочки, вакуумный оптический индикатор настройки на лампе 6Е5С.

Не спорю, своеобразная романтика ночной ловли “голосов”, происходящая в полной темноте, когда будто из небытия “подмигивает” круглый глаз оптического индикатора - в этом, безусловно, имеется некий особый, таинственный налет.

Но в этот раз Козьма Кузьмич к своему знаменитому 12-ламповому “суперу”, на котором во времена “оны” умудрялся прорываться сквозь “глушилки”, даже не прикоснулся. Я понял - это неспроста! И, надо же, оказался прав. Козьма, с торжествующим видом добыл откуда-то длинный мешок, в котором ощущался не только вес, но и звон металла.

Оказалось, что это ни что иное, как составная штанга для крепления антенного усилителя. Согласившись на просьбу подсобить, я стал вместе с хозяином собирать довольно удачную конструкцию, полагая, что это особый, знаменательный момент. Поскольку означает капитуляцию Кузьмича перед мощью современной транзисторной техники (а как же еще можно выполнить высокочувствительный телевизионный антенный усилитель?).

Но я крупно ошибался, о чем в изысканной и торжественной форме не преминул

сообщить мне Козьма, от души потешаясь над моим предположением. Антенный усилитель у него ... тоже был собран на электронных лампах, хотя и был выполнен с помощью печатного монтажа. Коробочка, в которой размещался усилитель, вполне соответствовала поговорке: “берешь в руки - имеешь вещь”!

И что тогда на меня нашло - ума не приложу, но я начал “принципиальный” разговор с Козьмой, по поводу его странной и абсолютно аллогичной ИДЕОСИНКРАЗИИ к полупроводниковой электронике. Кузьмич долго, с печально отсутствующим видом, слушал мои доводы, молча улыбался и покачивал головой из стороны в сторону. Наконец, я его “достал”, и он поведал мне ИСТИННУЮ причину своей “странности”.

- Понимаешь, я с детских лет отличаюсь особой “дубленостью” кожи рук. И очень уважаю, когда в доме сухо и тепло. Так вот, однажды (тому уж немало лет), насобирав милые твоему сердцу микросхемы и транзисторы, я решил построить нечто стоящее... Сказано - сделано! Но когда, после нелегких и праведных трудов, я попробовал “оживить” дивные свои платы, то убедился с колоссальным сожалением, что они безнадежно МЕРТВЫ, поскольку многочисленные и дорогие транзисторы с микросхемами, вмонтированные в них, безнадежно пробиты статическим электричеством!...

Это я сам их и убил, пока монтировал. А лампы - и Кузьмич с гордостью обвел рукой свое хозяйство, которое я про себя давно окрестил “преданье старины глубокой” - Лампам моя дубленая кожа не страшна! Только уговор, об этом - никому. -

Поглядев на Козьму Кузьмича уже совсем иными глазами, я стал снова обозревать полки, заставленные тяжеловесной ламповой техникой, имеющей с точки зрения современных технологий, массу недостатков и ограничений.

И только один ПЛЮС (очень существенный для Кузьмича) - она не боится статического электричества. И еще подумалось - на какие только жертвы способен пойти истовый радиолобитель, чтобы не расставаться с любимым делом!? Даже если сама Природа ставит ему преграды!

**Достижения наших коллег****(см. “Комсомольская правда в Украине” от 27.04.2001)**

Пропажа проводов в Дзержинском районе Красноярского края обнаружилась только в апреле: выяснилось, что линии электропередач, ведущих к летним пастбищам местных совхозов, разобраны.

Оперативники установили, что провода срезали... сами электрики из “Красноярскэнерго” и обменяли их на технический спирт. Простые подсчеты показывают: 30 км электротехнического алюминия весят примерно 9 т. Стоимость этого металла в пунктах приема цветного лома око-

ло 126 тыс. руб. За такие деньги можно купить 6200 бутылок “технаря”. Если бы ушлые работники “уговаривали” в день по 5 бутылок, то им должно было хватить питья на целых три года. А крепкие сибирские мужики за одну зиму управились!

Есть подозрение, что рабочие-расхитители щедро делились спиртом с местным населением. Так что зимние месяцы в Дзержинском, видимо, напоминали известный фильм “Не валяй дурака, Америка!”...



## МИХАИЛ ОСИПОВИЧ ДОЛИВО-ДОБРОВОЛЬСКИЙ

Основоположник техники трехфазного тока, выдающийся русский инженер Михаил Осипович Доливо-Добровольский родился 2 января 1862 г. в пригороде Петербурга Гатчине в семье мелкого чиновника. Он был первым ребенком, после него родилось еще семеро. Дом был заполнен шумными играми детей, но старший Михаил не принимал в них участия - он страдал врожденным пороком сердца. Не имея возможности много двигаться, Михаил пристрастился к чтению. Он мог читать часами, со временем на его столе стали появляться и научно-технические книги.

В 1873 г. отца Михаила перевели в Одессу. В этом городе Доливо-Добровольский закончил реальное училище. После окончания училища вопрос - где учиться дальше - для Михаила даже не стоял. Он увлекся химией и в 1878 г. поступил учиться в Рижский политехнический институт, где был химический факультет. Однако окончить институт ему было не суждено. После убийства царя Александра II в 1881 г. по стране прокатилась волна репрессий. Михаил участвовал в студенческих волнениях и поэтому был исключен из вуза с запрещением учиться в любом учебном заведении России.

Выход был один - ехать учиться за границу. Для продолжения своего образования Доливо-Добровольский выбрал высшее техническое училище в Дармштате (Германия). И этот выбор оказался удачным. Своей высокой репутацией училище было обязано выдающемуся преподавателю проф. Эрасмусу Киттлеру. Он впервые в мире начал читать курс электротехники. Михаил Осипович стал ассистентом

и любимым учеником Киттлера. Под влиянием учителя он оставил химию и стал электротехником. В 1884 г. Доливо-Добровольский окончил училище в Дармштате и принял предложение остаться в нем преподавателем.

Но преподавательская деятельность продолжалась недолго. В 1887 г. Михаил Осипович принял предложение берлинской фирмы АЕГ занять должность главного электрика. С этого момента началась инженерная деятельность Доливо-Добровольского.

К тому времени уже существовали практические конструкции электродвигателей переменного тока Теслы и Феррариса. Но их коэффициент полезного действия был низок. Доливо-Добровольский разобрался в сущности явления. Дело в том, что ротор электродвигателя должен был одновременно удовлетворять требованиям хорошей магнитной проводимости и хорошей электрической проводимости. Доливо-Добровольский предложил выполнить ротор в виде стального цилиндра (хорошая магнитная проводимость), а в просверленные по периферии отверстия закладывать медные стержни, соединенные между собой на лобовых частях ротора (хорошая электрическая проводимость). Так возникла конструкция "беличья клетка", запатентованная в 1889 г. Конструкция была настолько удачной, что успешно работает и в наши дни. Мощный асинхронный двигатель, построенный Доливо-Добровольским, имел КПД 91%, что просто потрясло американских инженеров на выставке в Чикаго в 1893 г.

Работая с электродвигателями, Михаил Осипович убедился в целесообразности увеличения числа фаз. С трехфазными системами работал и Тесла, но он считал их нежизнеспособными, так как к каждому потребителю нужно было тянуть по шесть проводов. Доливо-Добровольский нашел удивительное свойство трехфазной системы: сумма трех токов в такой цепи в любой момент времени равна нулю! Поэтому эту систему токов можно передавать всего по трем проводам. Более того, Михаил Осипович рассчитал, что при передаче электроэнергии в трехфазной системе на три провода идет меньше проводящего материала (например, меди), чем на два провода в однофазной системе. Доливо-Добровольский страстно пропагандировал преимущества трехфазной системы. Для доказательства он предложил построить для всемирной выставки в Франкфурте линию электропередачи длиной 170 км. По представлениям специалистов того времени это было фантастикой: потери в линии были слишком велики. Но Доливо-Добровольский вывел формулу, по которой потери уменьшались с квадратом

роста напряжения в линии. Он предложил передавать электроэнергию под напряжением 25 кВ. Такие напряжения испугали организаторов выставки и было разрешено поднимать напряжение не выше 10 кВ. Под руководством Доливо-Добровольского всего за полгода такая линия была построена, и 12 августа 1891 г. на выставке вспыхнули огни электроламп. Мощность трехфазной линии была 75 кВт, напряжение 8500 В, измеренный КПД составил 75%. Это был настоящий триумф, после которого трехфазная система электрического тока была безоговорочно принята во всем мире. Интересно, что после окончания работы выставки Доливо-Добровольский все же добился разрешения поднять напряжение в линии до 28 кВ, и КПД возрос до 80%. Михаил Осипович получил мировую известность, а в электротехнике наступил новый этап развития.

В дальнейшем Доливо-Добровольский обосновал необходимость передачи именно синусоидального напряжения, как наименее подверженного искажениям, под его влиянием в Европе была принята частота промышленного тока 50 Гц (в США с этим не согласились и ввели у себя частоту 60 Гц). Он изобрел приборы магнитоэлектрической системы, разработал конструкции выключателей высокого напряжения (они применяются и до сих пор) и многое другое.

Напряженный труд подорвал здоровье Доливо-Добровольского. С 1903 по 1909 г. он болел и лечился в лучших клиниках Европы. Но как только наступило улучшение, он вернулся в Берлин, где занял должность технического директора завода фирмы АЕГ. Когда началась первая мировая война, Доливо-Добровольский (сохранивший российское гражданство) был вынужден переехать в Швейцарию. Здесь он занялся расчетами по проблемам передачи электроэнергии на сверхдальние расстояния и пришел к неожиданным выводам: переменный ток нельзя передавать на расстояния свыше 500 км из-за резко возрастающих потерь и нужно переходить на линии постоянного тока. Прогноз Доливо-Добровольского блестяще оправдался через 50 лет: в СССР линии электропередачи от сибирских гидроэлектростанций в европейскую часть страны были выполнены именно на постоянном токе.

После окончания первой мировой войны в 1918 г. он вернулся в Берлин в фирму АЕГ. Но тяжелая болезнь сердца, преследовавшая его с детских лет, обострилась. Родные положили его в лучшую больницу в Гейдельберге. Лечение не помогло, и 15 ноября 1919 г. Михаил Осипович Доливо-Добровольский скончался.

