

Государственное профессиональное образовательное учреждение
Ярославской области
ДАНИЛОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА
«МИР ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»

Направленность: техническая
Возраст обучающихся: 15-18 лет
Срок реализации: 1 год

г. Данилов, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	4
2. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.....	4
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ.....	5
4. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ.....	7
5. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ.....	21

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Основная направленность программы – техническая.

Возраст обучающихся - 15 -18 лет.

Срок реализации образовательной программы – 1 год.

Занятия в кружке проводятся два раза в неделю по два академических часа.

ЦЕЛЬ ПРОГРАММЫ: развитие личности обучающегося, расширение границ его познаний, формирование творческого мышления и подготовка к самостоятельной трудовой деятельности.

ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ:

- дать основы знаний в области электротехники и электромонтажных работ;
- сформировать навыки безопасного выполнения работ по эксплуатации и ремонту бытовых электроприборов;
- обучить приёмам работы с электромонтажным инструментом и измерительными приборами.

Образовательная программа разработана на основе рекомендованной Главным управлением развития общего среднего образования Министерства РФ программы “Технология” и программ кружков электротехники. Внесённые изменения и дополнения основаны на опыте работы с обучающимися, наличием технической базы для организации занятий с обучающимися в соответствии с требованиями охраны труда и санитарными нормами, а также психо-физиологических особенностей обучающихся.

2. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ пп	Наименование темы /подтемы/	Количество часов		
		Всего	Теория	Практика
1	Введение	2	2	-
2	Основы электротехнологии	12	4	8
3	Технология выполнения электромонтажных работ	16	4	12
4	Обучение электромонтажу с помощью пайки	20	6	14
5	Измерительные приборы для электромонтажных работ	4	2	2
6	Занимательные эксперименты	10	4	6
7	Заключительное занятие	2	2	-
8	Учебно-познавательные экскурсии	6	-	6
Итого:		72	24	48

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

1. Введение в образовательную программу.

Задачи и программа кружка. Рекомендуемая для самостоятельной работы литература. Общие вопросы организации кружковой работы. Знакомство с материально-технической базой кружка. Организация рабочего места и правила безопасного выполнения работ в радиотехнической лаборатории. Правила противопожарной безопасности, санитарии и приёмы оказания доврачебной помощи.

2. Основы электротехнологии

Теоретические сведения: Понятие о напряжении, токе и сопротивлении. Инструменты и приспособления для монтажа электрических цепей. Работа с электропроводами. Проведение измерений механических параметров. Электрофицированный инструмент. Назначение и виды макетных плат.

Практическая работа: изготовление макетной платы для монтажа схем.

3. Технология выполнения электромонтажных работ

Теоретические сведения: Виды электромонтажных работ. Понятие о монтаже и демонтаже. Виды электрических проводников и способы их соединения. Оконцевание проводов. Применение зажимов, разъёмов, болтовых и других видов соединений.

Практическая работа: Демонтаж проводников. Изготовление электропроводящих шин и монтаж их на плате. Оконцевание проводов “колечком” и “пестиком”. Соединение проводников скруткой: параллельно, встречно, с отводом от середины.

4. Обучение электромонтажу с помощью пайки

Теоретические сведения: сущность процесса пайки, применяемые флюсы и припой, приёмы пайки. Проверка и подготовка паяльника к работе, контроль и уход за жалом паяльника.

Практическая работа: правка и лужение жала паяльника. Пайка различных видов сопряжения проводников и радиодеталей. Пайка соединений и штепсельных разъёмов. Лужение токопроводящих шин монтажной платы.

5. Измерительные приборы для электромонтажных работ

Теоретические сведения: приборы для измерения напряжения, тока и сопротивления. Размерность шкал приборов. Условные графические изображения приборов. Схемы включения приборов в электрическую цепь.

Практическая работа: зарисовка схем включения приборов в цепь. Измерение электрических параметров цепи с помощью комбинированных электроизмерительных приборов.

6. Занимательные эксперименты

6.1 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Теоретические сведения: понятие о напряжении, токе и сопротивлении. Закон Ома для участка цепи. Цепи переменного и постоянного тока. Полезные мелочи: определение полярности источника питания без приборов.

Практическая работа: проведение опытов по изменению параметров электрической цепи в зависимости от её сопротивления и питающего напряжения.

6.2 ВЫПРЯМЛЕНИЕ ТОКА

Теоретические сведения: свойства полупроводников. Диоды – виды, условные графические обозначения, маркировка и полярность. Одно- и двухполупериодные схемы выпрямителей.

Практическая работа: монтаж схем «Два выпрямителя от одной обмотки», «Полярность питания – автоматически», «Регулятор мощности – на одном диоде», «Диодный пробник», «Электронная защита».

6.3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЁМКОСТИ

Теоретические сведения: Конденсаторы – виды, назначение, условные графические обозначения и маркировка. *Полезные мелочи:* неполярный – из двух полярных.

Практическая работа: монтаж схем: «Конденсатор – накопитель электрической энергии», «Конденсатор – «безваттный» резистор», «Конденсатор гасит искру».

6.4 БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Теоретические сведения: устройство, назначение, внешний вид и условные графические обозначения и маркировка.

Практическая работа: монтаж схем: «Транзистор чувствует температуру», Транзистор – усилитель постоянного тока», «Составной транзистор», «Транзистор – усилитель переменного тока», «Транзистор – переменный резистор», «Транзистор в роли стабилитрона».

7. Заключительное занятие

Подведение итогов учебного года. Демонстрация изделий, выполненных обучающимися за учебный период. Награждение отличившихся. Постановка задач на летний каникулярный период.

8. Учебно-познавательные экскурсии

Экскурсии на предприятия и фирмы, занимающиеся выполнением электромонтажных работ, ремонтом и обслуживанием электросетей, бытовой и промышленной электро- и радио-телевизионной аппаратуры, оргтехники.

4. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

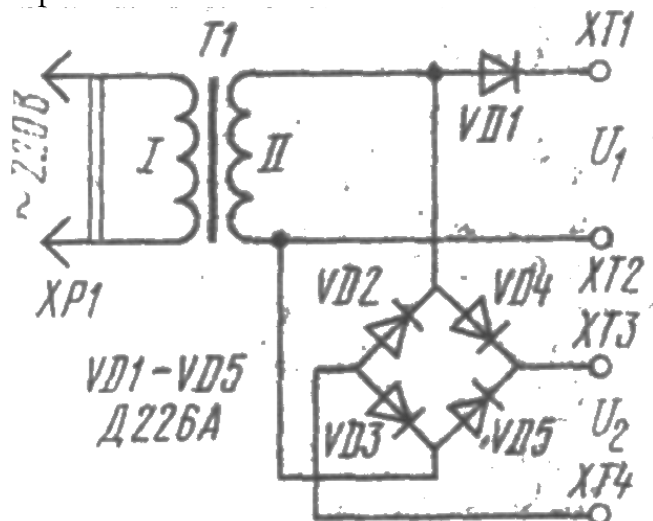
4.1 ОПИСАНИЕ ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

4.1.1 ВЫПРЯМЛЕНИЕ ТОКА.

Хотя диод всего лишь полупроводниковый прибор одностороннего пропускания тока, тем не менее благодаря именно этому свойству применение его в электронике может быть широким. Убедиться в этом помогут предлагаемые эксперименты.

«Два выпрямителя — от одной обмотки» Под руками оказался понижающий сетевой трансформатор с одной вторичной обмоткой; а вам необходимо иметь два источника постоянного тока. Как быть? Подключите сначала ко вторичной обмотке диод VD1 — на зажимах XT1 и XT2 получите однополупериодное напряжение. Измерьте его вольтметром постоянного тока.

Затем добавьте еще четыре диода — VD2—VD5, включив их по так называемой мостовой схеме. На зажимах XT3 и XT4 будет двухполупериодное напряжение. Измерьте его также вольтметром постоянного тока. Вы увидите, что оно превышает ранее измеренное напряжение на зажимах XT1 и XT2. Вот и получили два разных источника от одной обмотки. Конечно, если нужно питать от них какие-то транзисторные конструкции, следует подключить к зажимам XT1, XT2 и XT3, XT4 оксидные конденсаторы (плюсовым выводом соответственно к гнездам XT1 и XT3), емкость которых зависит от требуемых минимальных пульсаций (т. е. уровня переменного напряжения на выходе источника), а номинальное напряжение — от переменного напряжения на вторичной обмотке трансформатора.



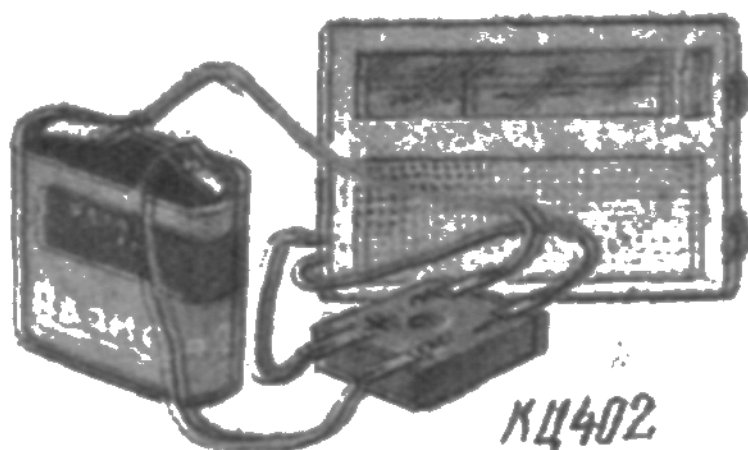
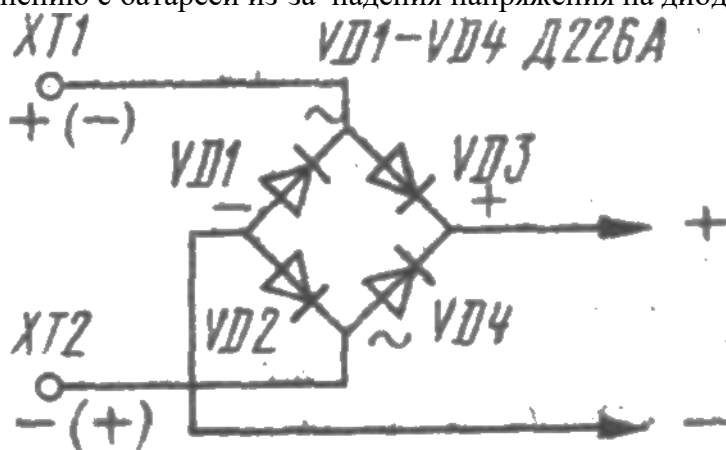
«Полярность питания — автоматически» Как известно, транзисторные конструкции рассчитаны на подключение источника питания в определенной полярности. Стоит перепутать ее, скажем, при подключении батареи питания к радиоприемнику — и приемник может замолчать из-за выхода из строя транзисторов. Чтобы такого не случилось, в цепь плюсового провода питания нередко включают диод анодом к источнику. Тогда при случайной смене полярности при замене батареи напряжение на приемник не поступит, поскольку ток не сможет протекать через весьма большое обратное сопротивление диода (особенно, если диод кремниевый).

Но более эффективна схема подключения источника питания через диодный мост. Его можно собрать из любых четырех: диодов серии Д226 или других диодов (лучше германиевых), рассчитанных на пропускание потребляемого приемником тока.

Подключите к зажимам ХТ1 и ХТ2, скажем, батарею напряжением 4,5 В (3336) так, чтобы плюсовой вывод ее был соединен с зажимом ХТ1. К выходу же диодного моста подключите вольтметр постоянного тока плюсовым щупом к плюсовому выводу моста. Ток от батареи потечет в этом случае через диод VD3, вольтметр, диод VD2.

А теперь измените полярность подключения батарей на обратную, т. е. плюсом к зажиму ХТ2, а минусом — к ХТ1. Ток в этом случае потечёт через диод VD4, вольтметр, диод VD1. Полярность напряжения на вольтметре не изменится.

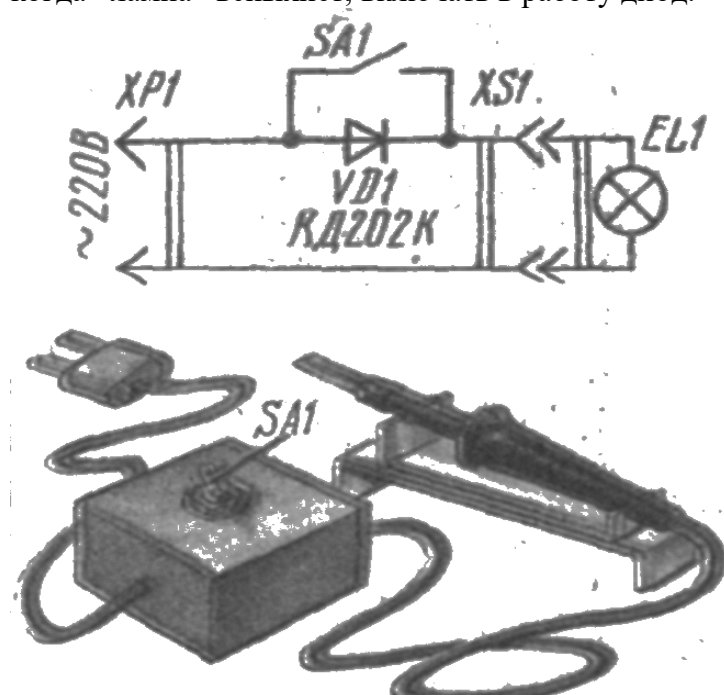
Взяв на вооружение подобный метод защиты транзисторной конструкции, скажем, приемника, можете встроить в него вместо четырех диодов диодный блок КЦ402 с любым буквенным индексом. Но учтите, что напряжение на приемнике станет меньше по сравнению с батареей из-за падения напряжения на диодах моста.



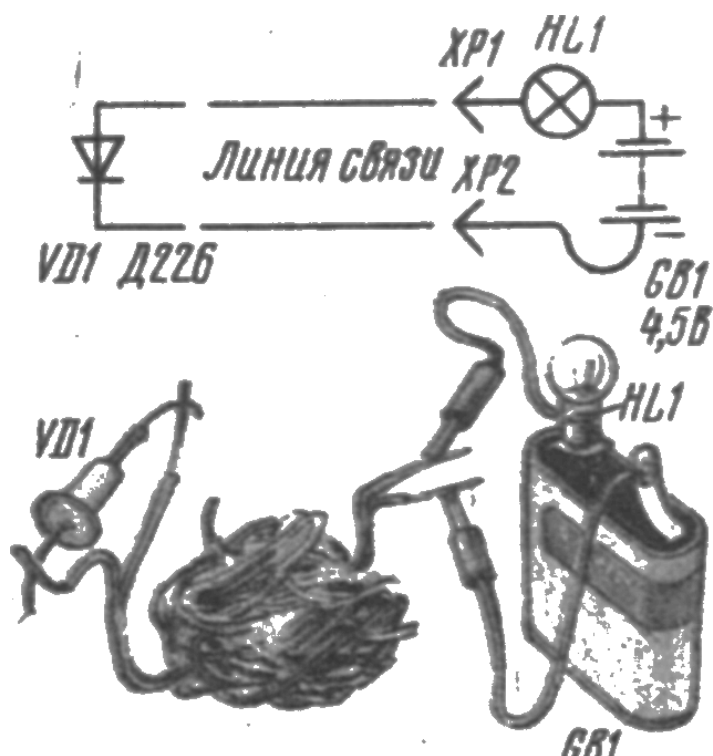
«Регулятор мощности — на одном диоде» Осветительная лампа какой-то мощности, например 40 Вт, включенная в сеть, обладает определенной яркостью. Чтобы уменьшить яркость, нужно снизить ток через нее. Здесь поможет диод, включенный последовательно с лампой. Ведь он будет пропускать ток только в один полупериод сетевого напряжения, «отсекая» **второй**. Поэтому средний ток, а следовательно, и общая мощность, выделяющаяся на лампе, уменьшатся по сравнению с вариантом питания ее двухполупериодным напряжением. А значит, снизится и яркость лампы. Достаточно замкнуть диод выключателем SA1 — и яркость лампы восстановится.

Подобный простой способ пригодится для регулирования яркости бра, торшера, люстры и в других подобных случаях. А может быть вы хотите применить его для регулирования температуры жала паяльника? Тогда изготовьте небольшую приставку и расположите внутри ее диод, на лицевой панели укрепите выключатель, а на боковой стенке — обыкновенную розетку (XS1). Пока паяльник «отдыхает» на подставке, он будет питаться

через диод. В период же интенсивной пайки диод замыкают и подают на паяльник сетевое напряжение. Такая мера позволит продлить срок службы жала паяльника. Выбор диода зависит как от напряжения сети, так и от мощности нагрузки (лампа или паяльник). Обратное напряжение диода должно превышать сетевое не менее чем в 1,5 раза, а допустимый ток — максимальный ток нагрузки во столько же. Причем в работе диода совместно с лампой следует помнить, что в первоначальный момент, когда нить холодная, скачок тока через нее значительно превышает тот, что протекает через раскаленную нить. Поэтому нужно выбрать диод с соответствующим запасом по току, либо сначала подавать на лампу полное напряжение сети через выключатель. А затем, когда лампа вспыхнет, включать в работу диод.



«Диодный» пробник» Как определить концы двухпроводной линии связи, проложенной, скажем, между двумя комнатами квартиры? Омметром здесь, конечно, не воспользуешься, поскольку не хватит длины его щупов. На помощь вновь приходит диод. Его подключают к концам проводов линии в одной комнате и замечают провод, с которым соединяется анод диода. В другой же комнате к концам проводов подключают сначала в одной, а затем в другой полярности щупы XP1 и XP2 цепи, составленной из батареи 3336 и лампы накаливания на напряжение 3,5 В. В одном из вариантов лампа вспыхнет, что укажет на прохождение тока через линию связи и диод. А это, в свою очередь, позволит засвидетельствовать, что концы, с которыми соединены анод диода и цепь плюсового вывода батареи, принадлежат одному и тому же проводу.

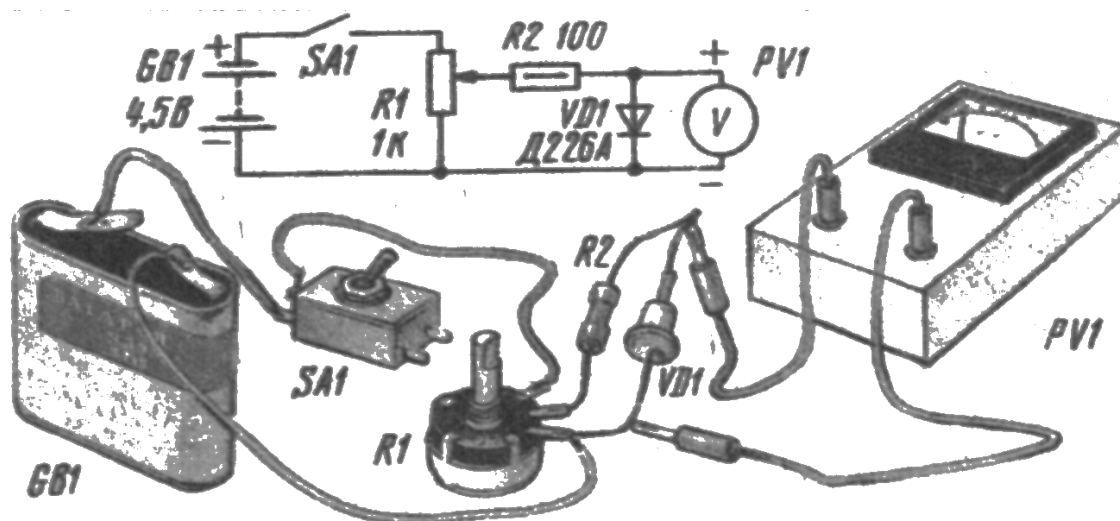


«Электронная защита». В радиолюбительской практике бывают случаи, когда входные цепи каких-то устройств, работающих с малыми сигналами, следует защищать от случайного попадания повышенного напряжения. В таких случаях приходится вспоминать о кремниевом диоде, который начинает реагировать лишь на определенное напряжение. Ведь на его характеристике начальный участок почти параллелен горизонтальной оси. Это свойство диода и используется для работы его в качестве элемента электронной защиты. Убедиться в сказанном позволит эксперимент, для проведения которого понадобятся, кроме кремниевого диода, два резистора, батарея 3336, выключатель и вольтметр постоянного тока.

Установив вначале движок переменного резистора R1 в нижнее по схеме положение, подают выключателем SA1 напряжение питания. Плавно перемещая движок резистора вверх, наблюдают за плавным ростом напряжения на диоде по отклонению стрелки вольтметра. При напряжении примерно 0,6 В прирост напряжения на вольтметре начнет уменьшаться, а вскоре стрелка вольтметра практически остановится (при напряжении 0,8...! В) и останется в таком состоянии даже тогда, когда движок переменного резистора окажется в верхнем положении, т. е. на устройство защиты будет подано 4,5 В.

Что же произошло? До определенного напряжения диод был закрыт и вольтметр измерял напряжение, снимаемое с движка переменного резистора. А затем диод начал открываться и шунтировать вольтметр, который в данном случае имитирует защищаемую цепь. С ростом напряжения увеличивался ток через диод, а значит, возрастало и его шунтирующее действие. Вскоре диод открылся настолько, что стал полностью шунтировать вольтметр. Напряжение на диоде остается стабильным несмотря на изменение внешнего напряжения (снимаемого с движка переменного резистора) из-за падения излишка напряжения на резисторе R2.

В данном случае диод защищает от случайного повышения напряжения определенной полярности. Если же нужно защитить цепь от скачков разнополярного напряжения, ставят два параллельно включенных диода — один в прямом, а другой в обратном направлениях.



4.1.2 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЁМКОСТИ

Чтобы ближе познакомиться с «профессиями» конденсатора, советуем провести предлагаемые эксперименты. Ведь конденсатор — не просто радиодеталь, обладающая емкостью. Для него характерно еще и емкостное сопротивление, т. е. сопротивление переменному току, зависящее от емкости конденсатора и частоты протекающего через него тока. Эти свойства открывают интересные возможности применения конденсатора в разнообразных электронных и электрических устройствах.

«Конденсатор — накопитель электрической энергии» Если конденсатор подключить на время к источнику постоянного тока, он зарядится, т. е. накопит электрическую энергию и будет сохранять ее. Продолжительность хранения энергии зависит от тока утечки конденсатора и может быть большой.

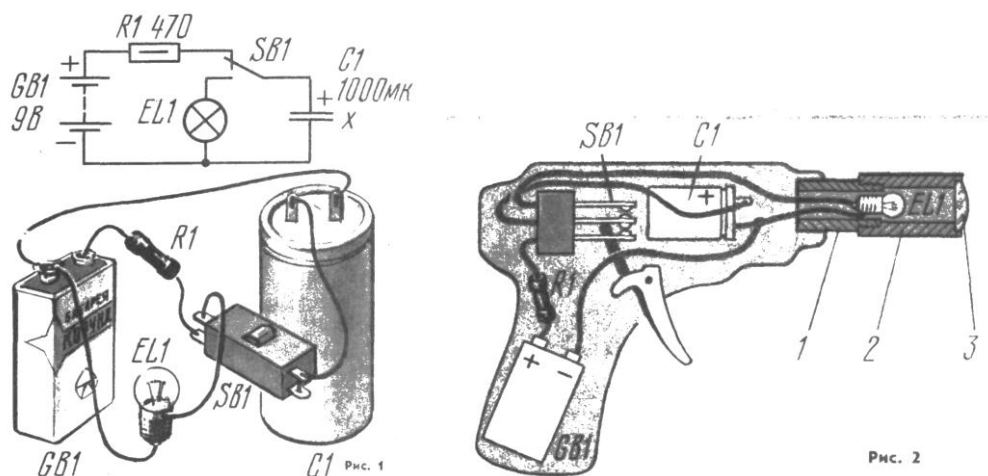
Непосредственно для указанной цели конденсатор практически не используется. Чаще бывает, что конденсатор заряжают до какого-то напряжения, а затем разряжают на ту или иную цепь. Продолжительность разрядки определяется ёмкостью конденсатора и сопротивлением цепи, иначе говоря, сопротивлением нагрузки. Причем ток разрядки может быть значительным — на «здоровье» конденсатора это не отразится.

В подтверждение сказанного проведем первый эксперимент (рис. 1). Оксидный конденсатор С1 емкостью 800... 1000 мкФ на напряжение 10 В подключите через кнопочный переключатель SB1 к зарядной цепи, состоящей из ограничительного резистора R1 и батареи GB1 напряжением 9 В («Крона»). Резистор ограничивает ток зарядки, что, в свою очередь, полезно для «маломощной» батареи. Правда, возрастает продолжительность зарядки по сравнению с вариантом зарядки конденсатора непосредственно от батареи, но это время невелико — менее секунды. При желании продолжительность зарядки можно примерно подсчитать по формуле: $T=2RC$, где Т — продолжительность зарядки, с; R — сопротивление резистора, Ом; С — емкость конденсатора, Ф (Ф — фарада, 1 Ф= 1000000 мкФ).

Стоит теперь нажать кнопку переключателя, как конденсатор окажется подключенным к разрядной цепи — лампе накаливания EL1, рассчитанной на напряжение 3,5 В и ток 0,15 А. лампа вспыхнет. Несмотря на то, что лампа взята на напряжение 3,5 В, а конденсатор заряжен до 9В, нить лампы не успеет перегореть — слишком кратковременна продолжительность разрядки (ее можно подсчитать по вышеприведенной формуле).

Яркость вспышки зависит от емкости конденсатора, напряжения и тока накала лампы. Замените лампу другой — на напряжение 2,5 В и ток накала не более 0,2 А, яркость вспышки увеличится.

Практическим продолжением эксперимента может стать световой пистолет (рис. 2) на базе детского пневматического, который послужит в дальнейшем для фототира или в качестве игрушки малышам.



«Конденсатор — «безваттный» резистор» Представьте, что вам нужно изготовить ночник с лампой накаливания на напряжение 6,3 В и ток 0,22 А, питающейся от осветительной сети. Первый вариант — питать лампу через понижающий трансформатор. Но малогабаритного трансформатора с нужным напряжением на вторичной обмотке в продаже не найти.

Другой вариант питать лампу через гасящий резистор. Нетрудно подсчитать по общеизвестным формулам ($R=U/I$; $P=U^2/R$), что резистор должен быть сопротивлением 970 Ом и мощностью 47 Вт! Такая мощность будет расходоваться бесполезно, не говоря уже о нагреве резистора и выделении им тепла.

Возможен и третий вариант — в качестве гасящего резистора использовать... конденсатор. Ведь он обладает емкостным сопротивлением, которое подсчитывают по формуле: $X_c=1/2\pi fC$,

где X_c — емкостное сопротивление, Ом; π — 3,14; f — частота переменного тока, Гц; C — емкость конденсатора, Ф. К примеру, при емкости конденсатора 100 мкФ (0,0001 Ф) его сопротивление составит: $X_c=1/6,28 \cdot 50 \cdot 0,0001=31,8$ Ом.

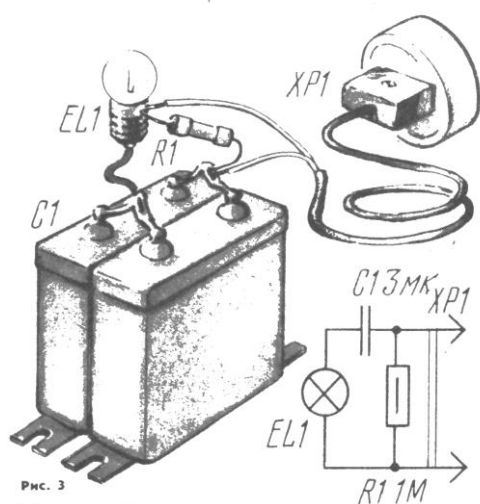
Попробуйте по этой формуле определить емкостное сопротивление других конденсаторов. Вы заметите, что чем больше емкость конденсатора, тем меньше его сопротивление.

Включают «гасящий» конденсатор, как и резистор, последовательно с лампой накаливания, а параллельно сетевой вилке ставят резистор большого сопротивления — он нужен для разрядки конденсатора (через цепь резистор — лампа) после выключения ночника из сети. Поскольку для гашения излишка напряжения (214 В) конденсатор должен обладать сопротивлением 970 Ом, нетрудно подсчитать его емкость: $C=1/2\pi fX_c=1/6,28 \cdot 50 \cdot 970=3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}=3,2$ мкФ.

Конденсатора такого номинала нет, поэтому придется составить его из двух

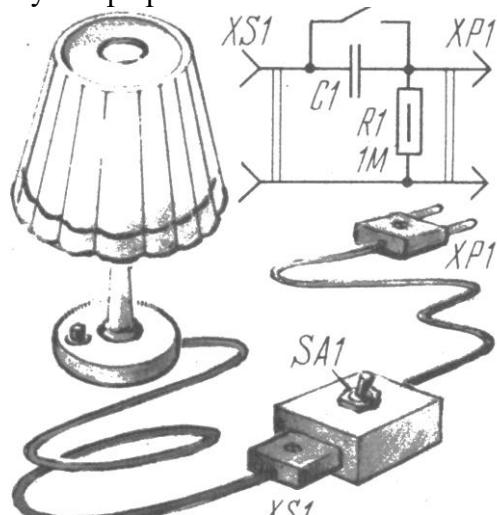
(2 мкФ + 1 мкФ) или нескольких параллельно соединенных, но каждый конденсатор должен быть рассчитан на номинальное напряжение не ниже 400 В. Желательно использовать конденсаторы МБГЧ.

Попробуйте уменьшить емкость конденсатора — и сразу же отметите, что яркость лампы упала. При увеличении же емкости конденсатора яркость лампы возрастёт. Почему так происходит, надеемся, догадаетесь сами.



Проводя эти эксперименты, как и другие, с питанием конструкций от сети, помните о технике безопасности. Все перепайки делайте только при вынутой из розетки сетевой вилке. Когда же вилка вставлена в розетку, дотрагиваться до сетевых проводов и выводов деталей нельзя!

Попробуйте теперь включить вместо малогабаритной лампы ночника обыкновенную настольную, скажем, мощностью 40 Вт. Ее яркость будет почти вдвое меньшей по сравнению с обычным режимом. Изменяя емкость конденсатора, можно регулировать яркость лампы. Если ее нужно уменьшать, например, во время просмотра телевизионных передач, изготовьте небольшую приставку, на корпусе которой разместите розетку и выключатель SA1, а внутри укрепите конденсатор C1 и резистор R1. С помощью выключателя удастся устанавливать требуемую яркость лампы. А в случае размещения в приставке нескольких конденсаторов разной емкости и применении галетного переключателя на соответствующее число положений получите многоступенчатый регулятор яркости настольной лампы.



Такую же приставку можно использовать для регулирования температуры жала паяльника, или для включения низковольтного паяльника в сеть 220 В.

«Конденсатор гасит искру» Практически в любом выключателе силовоточного питания при размыкании контактов проскакивает искра. Чем больше ток, тем ярче искра, тем сильнее обгорают контакты и быстрее выходят из строя. Вот почему борьба с искрой, особенно в цепях с индуктивной нагрузкой,— первостепенная задача. И реальную помощь здесь оказывает конденсатор.

Чтобы убедиться в сказанном, соберите макет системы зажигания мотоцикла (хотя можно считать, что аналогично устроена и система зажигания автомобиля, правда, не элект-

ронная). Понадобится любая катушка зажигания, например, Б201А, простой самодельный выключатель с открытыми контактами (подойдет готовый выключатель от электроконструктора), источник питания напряжением 4,5...9 В, рассчитанный на кратковременный ток в цепи нагрузки до 3 А, и конденсатор (бумажный) емкостью 0,15...0,5 мкФ (лучше 0,25 мкФ) на номинальное напряжение не менее 350 В. Но конденсатор пока не подключайте к контактам выключателя.

В зажимы вторичной, высоковольтной, обмотки катушки вставьте отрезки голого провода и изогните их так, чтобы концы получившегося разрядника отстояли друг от друга на 1...2 мм. Такой промежуток аналогичен зазору свечи зажигания мотоцикла.

Все готово к эксперименту. Быстро нажимая и отпуская кнопку выключателя, наблюдайте за его контактами. В момент размыкания между ними появляется искра, такая же искра проскакивает между концами проводников разрядника. Повторяя опыт, каждый раз разводите концы проводников до такого положения, пока искра между ними либо будет проскакивать не после каждого отпускания кнопки, либо вообще перестанет проскакивать. Заметьте этот промежуток.

Теперь подключите параллельно контактам выключателя конденсатор и вновь повторите опыт. Вы заметите, что искра между контактами выключателя значительно уменьшилась, а между концами проводников разрядника, наоборот, стала мощнее. Пробуя раздвигать концы проводников, убедитесь, что искра пробивает значительно больший промежуток. Конденсатор не только облегчил работу контактов выключателя, но и значительно увеличил напряжение на выходе катушки зажигания (помните, что каждый миллиметр пробиваемого искрой промежутка соответствует примерно киловольту высокого напряжения).

Устанавливая конденсаторы разной емкости, вы сможете наблюдать за изменением параметров искр между контактами выключателя и концами проводников разрядника. Лучшим конденсатором будет тот, при котором искра на контактах выключателя минимальна, а напряжение на выводах высоковольтной обмотки максимально. Этот опыт с катушкой зажигания предложен неспроста, поскольку он имеет интересное практическое продолжение. Распрямите проводники разрядника и расположите их под углом в виде латинской буквы V, оставив, конечно, между концами небольшой промежуток. Поднеся концы проводников к горелке газовой плиты, откройте газ и нажмите несколько раз на кнопку выключателя. Благодаря появляющейся искре газ вспыхнет. Вот так, когда иссякнут спички, вы сможете пользоваться этой своеобразной зажигалкой.

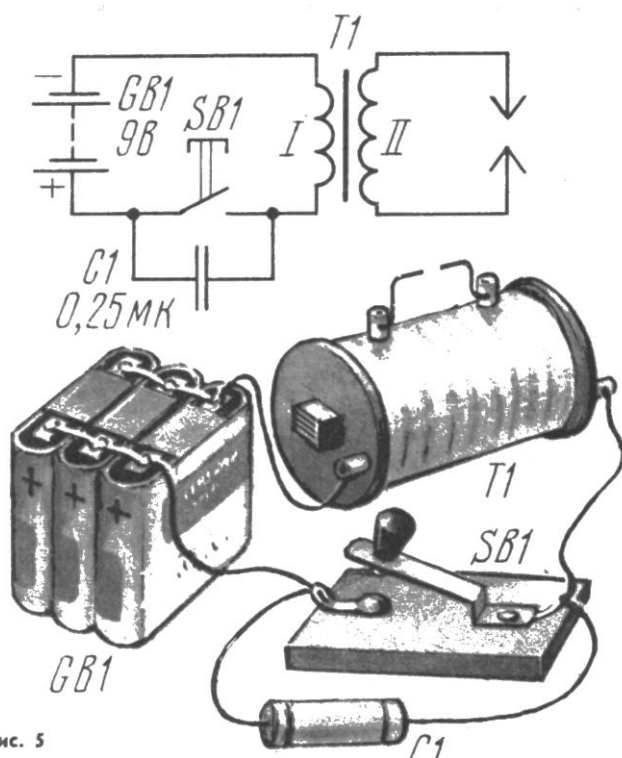


Рис. 5

4.1.3 БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Транзистор — более «хитрая» радиодеталь по сравнению, скажем, со стабилитроном или диодом, не говоря уже о резисторе и конденсаторе. Поэтому познать его «характер» — значит воспитать в себе уверенность в том, что собираемые в будущем транзисторные конструкции станут не только понятнее в работе, но и просты в наладивании. Познанию транзистора и способствуют предлагаемые эксперименты.

«Транзистор «чувствует» температуру» Один из параметров транзистора, на который иногда приходится обращать внимание — обратный коллекторный ток. От его стабильности порою зависит надежность работы конструируемого устройства. Этот ток появляется при подключении источника к коллекторному переходу в обратном направлении, т. е. когда на коллекторе транзистора структуры р-п-р минус напряжения, а на базе — плюс (или на коллекторе транзистора п-р-п плюс напряжения, а на базе — минус).

Чтобы убедиться, насколько стабилен этот ток при изменении окружающей температуры, запаситесь хотя бы двумя транзисторами, один из которых кремниевый, а другой германиевый. Еще понадобятся омметр и стакан теплой (50...60 °С) воды.

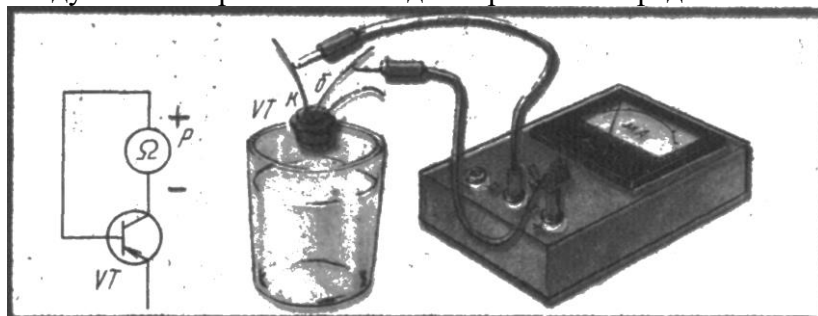
Если у вас оказался германиевый транзистор МП39Б (он структуры р-п-р), подключите к его выводам коллектора и базы омметр так, чтобы плюсовой щуп омметра был соединен с выводом базы. Стрелка омметра зафиксирует обратное сопротивление коллекторного перехода, которое эквивалентно обратному току коллектора. Сопротивление может быть весьма большое — несколько сотен килоом.

Наблюдая за показаниями омметра, опустите транзистор «шляпкой» вниз в стакан теплой воды настолько, чтобы основание транзистора с выводами было выше уровня воды на 2...3 мм. Буквально через несколько секунд вы заметите, что контролируемое сопротивление начнет снижаться. Примерно через минуту оно может упасть до 50 кОм — все зависит от температуры воды.

Стоит вынуть транзистор из воды, как через некоторое время стрелка омметра возвратится в первоначальное положение. Если же транзистор поместить в холодильник, обратное сопротивление возрастет по сравнению с начальным.

Проделайте тот же эксперимент с кремниевым транзистором, например, МП111А. Вы убедитесь, что и он реагирует на температуру, даже более чувствителен к ней по сравнению с германиевым транзистором. Но обратный ток коллектора кремниевого транзистора значительно меньше, он порою составляет единицы и даже доли микроампер (у германиевых транзисторов он в десятки раз больше). Поэтому численные колебания обратного тока коллектора менее ощутимы каскадами, выполненными на кремниевых транзисторах по сравнению с такими же каскадами на германиевых. Отсюда нетрудно понять, почему при разработке радиоаппаратуры предпочтение отдают кремниевым транзисторам.

И еще один вывод. Поскольку зависимость изменения обратного тока коллектора от окружающей температуры пропорциональная, германиевый транзистор может стать датчиком, с помощью которого удастся измерять температуру, например, наружного воздуха. Такое решение иногда встречается в радиолюбительских разработках.

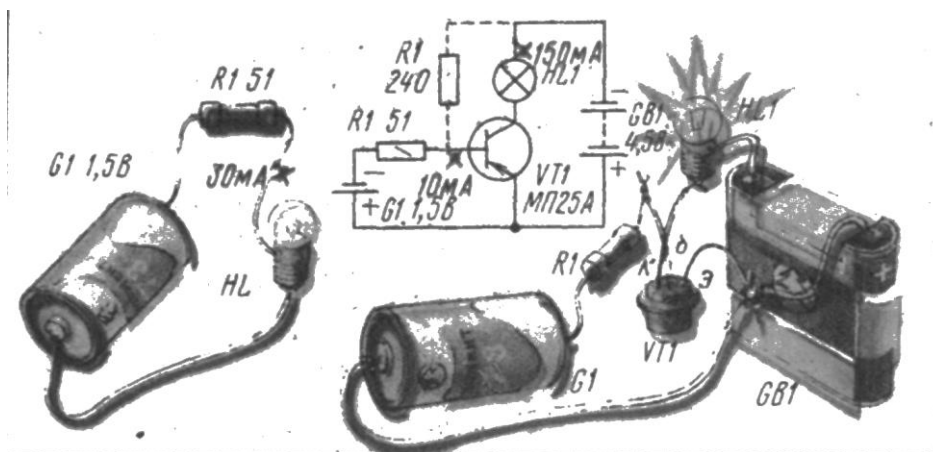


«Транзистор — усилитель постоянного тока» Чтобы убедиться в этом, соедините последовательно гальванический элемент, например 373, лампу от карманного фонаря на 3,5 В и резистор сопротивлением 51 Ом. Лампа, конечно, гореть не будет, поскольку протекающего через нее тока недостаточно, чтобы раскалить нить

А теперь подключите гальванический элемент с резистором к эмиттерному переходу транзистора, в коллекторной цепи которого стоит лампа и источник питания получившегося транзисторного каскада — батарея GB1 напряжением 4,5 В. Лампа начнет светиться. Замерьте миллиамперметром протекающий в цепи базы ток и сравните его с током, проходящим через лампу, т. е. в цепи коллектора транзистора (транзистор должен быть подобран такой, чтобы он допускал ток не менее 300 мА, но эксперимент все равно должен быть весьма кратковременный, иначе транзистор перегреется и выйдет из строя). При использовании транзистора МП25А получились значения соответственно 10 и 150 мА. Поэтому можно считать, что транзистор усилил постоянный ток в 15 раз.

Чтобы исключить из последующих экспериментов гальванический элемент, подключите вывод базы через резистор к основному источнику питания — батарее GB1. Для достижения того же тока коллектора сопротивление резистора теперь будет больше — 240 Ом (МЛТ-0,25).

Замените базовый резистор другим — сопротивлением 1,5...2 кОм, чтобы в цепи базы протекал ток немногим более 2 мА. Измерьте его точнее, а затем определите ток коллектора. В примере с указанным транзистором эти значения составили 2,2 и 60 мА. Поделив теперь коллекторный ток на базовый, получите иную цифру усилительных способностей транзистора — 27. Не удивляйтесь результату. С повышением тока нагрузки, т. е. тока коллектора, коэффициент передачи транзистора падает.



«Составной транзистор» Выражение «составной транзистор» нередко встречается в описаниях конструкций. Проведем сначала эксперимент с «участием» деталей предыдущего: лампы, батареи, транзистора, а также ... стакана воды, который будет имитировать резервуар, наполняемый извне. Как только вода достигнет определенного уровня, она должна коснуться контактов датчика, а тот — известить об окончании процесса. Kontakтами датчика в нашем случае будут концы проводников, соединенные с лампой и источником питания. Опустим их в воду. Лампа не загорится, поскольку сопротивление воды сравнительно велико (2500... 3000 Ом) и ток в цепи лампы мал (примерно 1,5 мА).

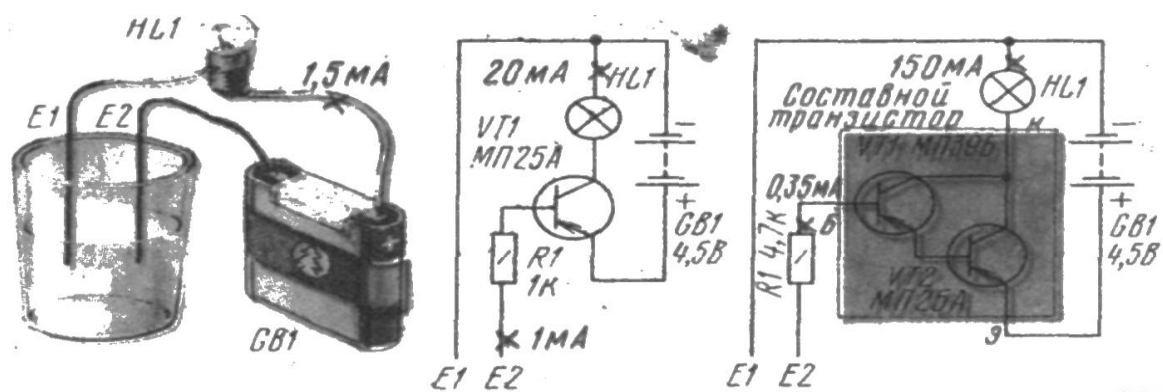
Включите лампу в цепь коллектора транзистора, а в воду опустите проводник от источника питания и проводник от резистора R1, включенного в цепь базы транзистора. Но и в этом случае лампа не будет светиться, поскольку ток в ее цепи хотя и возрос (до 20 мА), но он по-прежнему мал.

Конечно, при использовании транзистора с весьма большим коэффициентом передачи (150...200) удалось бы добиться свечения лампы, но такого транзистора (да еще и с большим допустимым током коллектора) может не оказаться. Вот тут-то и появляется так называемый составной транзистор из двух особым образом соединенных транзисторов с малыми коэффициентами передачи. Нетрудно заметить, что у этой сборки есть все выводы одного транзистора: база, коллектор, эмиттер. Но теперь коэффициент передачи составного транзистора значительно выше такого же параметра каждого из входящих в него транзисторов — он равен произведению их коэффициентов передачи.

Собрав устройство с составным транзистором, опустите в воду концы проводников E1, E2 и подберите резистор R1 с таким сопротивлением, чтобы коллекторный ток составил 150 мА. При этом ток в базовой цепи может получиться равным 0,35 мА при сопротивлении резистора 4,7 кОм. Вот какой чувствительности сигнализатора удалось добиться!

Нетрудно подсчитать, что коэффициент передачи составного транзистора будет около 430. Значит, при коэффициенте передачи транзистора VT2 примерно 15, как было подсчитано выше, транзистор VT1 обладает коэффициентом передачи около 28.

Используя в подобной сборке транзисторы с разными параметрами, на месте VT1 следует устанавливать тот из них, у которого наименьший обратный ток коллектора.



«Транзистор — усилитель переменного тока»

Всего один транзистор, постоянный резистор, источник питания, да головные телефоны понадобятся для проведения следующей работы. Один из капсюлей телефонов включите между базой и эмиттером транзистора — он будет микрофоном (BM1), преобразующим звук в электрический сигнал звуковой частоты. Другой же капсюль (BF1) включите в коллекторную цепь транзистора — он будет выполнять обратную, по сравнению с микрофоном, роль — преобразовывать электрический сигнал в звук. При включении капсюлей не забывайте соблюдать полярность, указанную на схеме, — знаки «+» и «—» вы найдете около соответствующих выводов капсюлей. Иначе капсюли будут хуже работать.

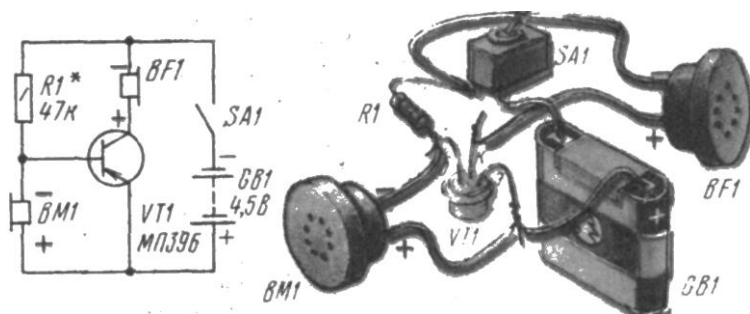
И еще. Нежелательно использовать капсюли от трубок телефонных аппаратов — они мало пригодны для подобных целей.

Подав выключателем SA1 напряжение питания, произнесите несколько слов перед капсюлем BM1. Ваши звуки преобразуются в сигналы переменного тока, частота которого и амплитуда зависят от частоты колебаний и громкости звука.

В другом капсюле, который может слушать помощник либо вы сами, раздастся громкий звук. Даже если капсюль BF1 будет удален, например, с помощью проводной линии связи на сотни метров, звук будет достаточно громкий. Качество же его зависит от режима транзистора, который, в свою очередь, определяется начальным током в цепи базы и задается резистором R1. Подбором этого резистора (с большим или меньшим сопротивлением) можно добиться нужной громкости и качества звука. Сопротивление резистора зависит от сопротивления нагрузки (телефона BF1 плюс сопротивления линии связи, если она длинная), коэффициента передачи транзистора и, конечно, напряжения питающей батареи.

В таком простейшем устройстве связи желательно использовать транзистор с коэффициентом передачи не менее 20.

Изготовив две одинаковых конструкции, получите переговорное устройство между wybranными пунктами.



«Транзистор — переменный резистор» Для проведения этого эксперимента понадобятся маломощный транзистор, например, любой из серии МП39, постоянный и переменный резисторы, гальванический элемент и омметр.

Соединив детали по приведенной схеме, установите движок переменного резистора R2 в нижнее по схеме положение. Поскольку транзистор закрыт, омметр P1 зафиксирует сравнительно большое сопротивление между выводами коллектора и эмиттера — оно зависит от того, какой транзистор использован — кремниевый или германиевый.

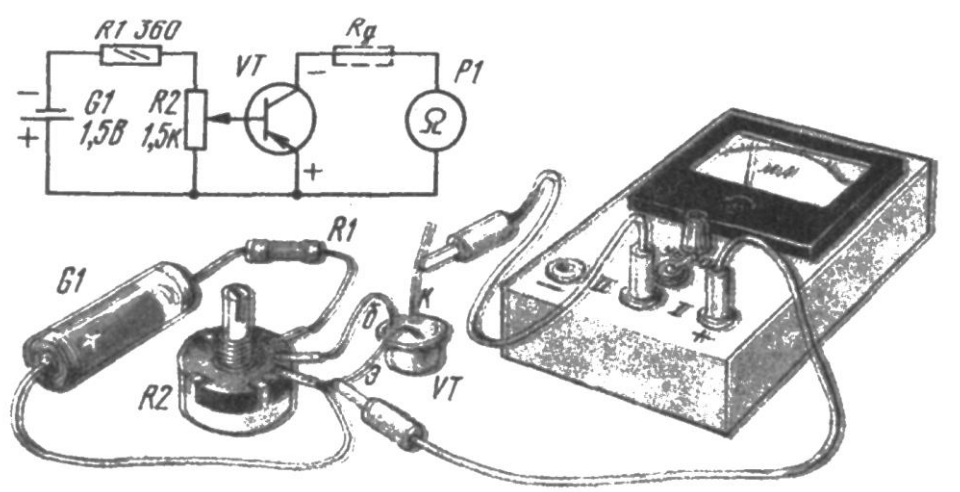
Начинаете медленно перемещать движок переменного резистора вверх по схеме. Почти сразу стрелка омметра начнет отклоняться в сторону меньших сопротивлений. Когда движок резистора окажется вблизи верхнего вывода или соединится с ним, сопротивление между выводами коллектора и эмиттера может упасть до единиц омов. Происходит так потому, что при изменении напряжения между базой и эмиттером транзистора изменяется и его внутреннее сопротивление.

Итак, с помощью транзистора и резистора R2 сопротивлением 1,5 кОм удалось получить переменный резистор с пределами изменения сопротивления от нескольких Ом до сотен килоОм. Иначе говоря, из резистора малого сопротивления удалось получить такой же переменный резистор большого сопротивления.

Но не только в этом особенность симбиоза транзистора и переменного резистора. В конце концов, при желании можно достать резистор нужного номинала. Но как быть, когда понадобится переменный резистор мощностью, скажем, 5 или 10 Вт? Такой вряд ли попадется даже на знаменитом Тушинском радиорынке в Москве. Вот тут-то и придет на помощь способность транзистора стать мощным переменным резистором. Правда, транзистор придется применить тоже мощный, например, серий ГТ402, ГТ404, П213—П216.

В любом варианте включать транзистор в цепь регулирования, например, последовательно с электродвигателем постоянного тока для детских игрушек, нужно в соответствии с полярностью, показанной у выводов коллектора и эмиттера. Если же транзистор структуры п-р-п, изменяют не только полярность его подключения, но и полярность источника, питающего базовую цепь.

Для ограничения допустимой мощности, выделяющейся на «транзисторном» переменном резисторе, в цепь коллектора включают резистор R_д соответствующего сопротивления. Кроме того, при режимах транзистора, близких к предельно допустимым, желательно установить транзистор теплоотвод. А если вы задались целью обеспечить вполне определенные пределы изменения сопротивления транзистора, придется точнее подобрать резисторы R1 и R2.



«Транзистор в роли стабилитрона» Эмиттерный переход транзистора подобен диоду, пропуская постоянный ток в одном направлении — от эмиттера к базе, если транзистор структуры р-п-р, либо от базы к эмиттеру в случае транзистора структуры п-р-п. Если же этот переход включить в цепь постоянного тока «наоборот», он начнет выполнять функции стабилитрона.

Чтобы убедиться в сказанном, выберите маломощный низкочастотный транзистор, например, любой из серий МП39—МП42, либо высокочастотный, скажем П416А, и соедините его выводы эмиттера и базы с другими деталями, показанными на схеме. Вольтметр Р1, контролирующий напряжение на эмиттерном переходе, — со шкалой на 5 или на 10 В. Движок переменного резистора должен находиться в исходном положении — нижнем по схеме. Начав перемещать движок резистора вверх по схеме, наблюдайте за показаниями вольтметра. Вначале напряжение будет расти пропорционально перемещению движка, а затем отклонение стрелки вольтметра резко замедлится, что укажет на вхождение эмиттерного перехода в режим стабилизации. Даже когда движок окажется в крайнем верхнем по схеме положении, т. е. когда на цепь из резистора R2 (его можно считать балластным) и эмиттерного перехода транзистора будет подано полное напряжение батареи GB1 (12...14 В), измеряемое вольтметром напряжение не превысит нескольких вольт.

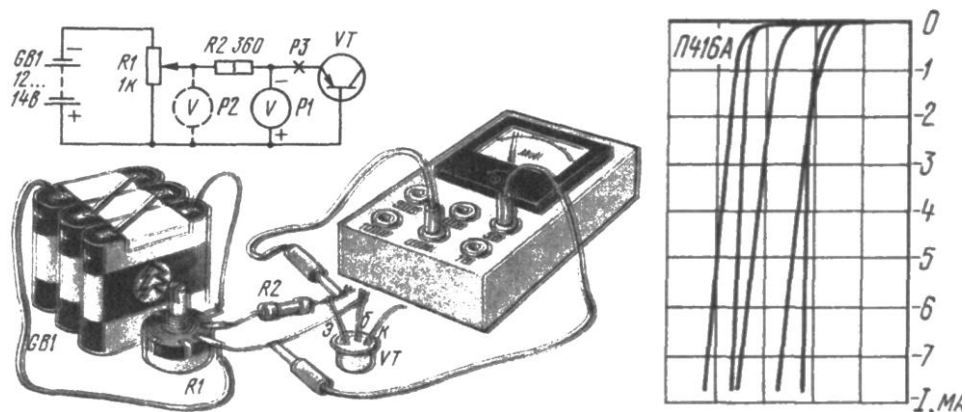
Чтобы еще более убедиться в стабилизирующем действии эмиттерного перехода, нужно контролировать одновременно напряжение до резистора R2 и после него, т. е. желательно подключить еще один вольтметр — Р2. Тогда при некотором положении движка резистора показания вольтметров еще будут близки, а при дальнейшем перемещении движка показания вольтметра Р2 начнут возрастать в большей мере по отношению к показаниям вольтметра Р1.

Если второго вольтметра нет, можно при каждом фиксированном положении движка резистора подключать вольтметр Р1 попеременно то к эмиттерному переходу, то к переменному резистору.

И уж, конечно, совсем «научным» станет эксперимент, если в добавление к вольтметру Р1 включить (показано крестиком) в цепь эмиттерного перехода миллиамперметр Р3. Тогда нетрудно будет наблюдать не только за напряжением на переходе, но и током через него, а значит, снять характеристику нашего «стабилитрона» — вид ее может соответствовать одной из показанных на рисунке для транзистора П416А. Вообще же семейство характеристик свидетельствует о том, что эмиттерный переход каждого экземпляра даже одного типа транзистора обладает своим напряжением стабилизации. Поэтому из набора транзисторов всегда можно выбрать тот, что удовлетворяет заданному напряжению стабилизации.

И еще. Если у обычного стабилитрона минимальный ток стабилизации составляет 3 мА, у «транзистора-стабилитрона» он равен 1 мА. Максимальный же ток стабилизации определяется рассеиваемой транзистором мощностью и может быть значительно большим, чем показано на графиках. Скажем, в некоторых устройствах транзисторы надежно работали при токах до 30 мА. Но оптимальным считается режим, когда ток стабилизации не превышает 5 мА.

Кроме указанных германиевых транзисторов в подобном режиме способны работать и кремниевые — серий КТ301, КТ306, КТ312, КТ315, КТ316. Напряжение стабилизации их лежит в пределах 7...12 В.



5. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Бечева М. К. Электротехника и электроника. М., «Высшая школа», 1991.
2. Борисов В.Г. Кружок радиотехнического конструирования. М., "Просвещение", 1990.
3. Борисов В. Г. Юный радиолюбитель. М., «Энергия», 1979
4. Вершинин О.Е. Монтаж радио-электронной аппаратуры и приборов. М., «Высшая школа», 1991
5. Глебович А. А. Лабораторные работы по электротехнике. М., «Высшая школа», 1976
6. Иванов Б.С. Энциклопедия начинающего радиолюбителя. М., Патриот, 1994.
7. Никулин Н.В. Справочник молодого электрика по электротехническим материалам и изделиям. М., Профтехиздат, 1962.
8. Скворень Р.А. Электроника шаг за шагом. М, Детская литература, 1979.
9. Тихонов С.Н. Электротехника для начинающих. М., Воениздат, 1969.
10. Фрезел Л.И. Цепи постоянного и переменного тока. ФЕНИКС, 1997.
11. РАДИО Ежемесячный научно-популярный радиотехнический журнал. М., Патриот. Комплект 1980-2008 год.