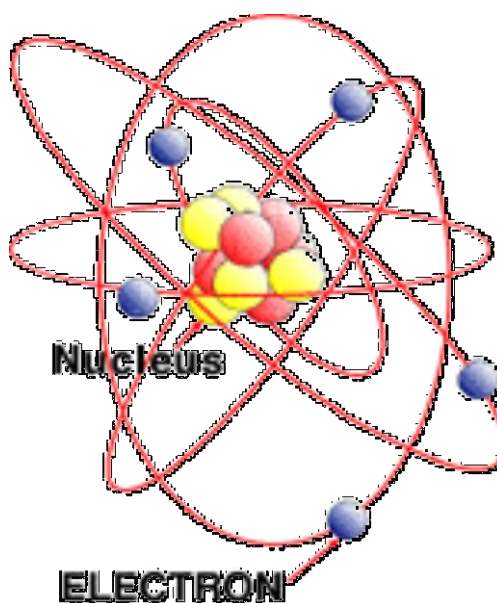


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ АКАДЕМИЯ ПОСТДИПЛОМНОГО ПЕДАГО-
ГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Электронные компоненты систем зажигания ОТТО - моторов



Транзисторные и электронные систе- мы зажигания

МАТЕРИАЛ ПРЕДСТАВЛЕН АВТОРОМ ТИТАРЕНКО Д.Н.
В РАМКАХ ПРОЕКТА «МОДЕРНИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В КЛАСТЕРЕ
«АВТОСЕРВИС».

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2008

Физические основы воспламенения смеси.

ЦЕЛИ:

Изучив данный учебный элемент, Вы сможете:

- *Рассказать о назначении и построении автомобильной батарейной системы зажигания;*
- *Рассказать о назначении компонентов электрической цепи батарейной системы зажигания;*
- *Рассказать о значении угла опережения зажигания в поддержании экономичной и экологически чистой работы мотора.*
- *Рассказать о способах управления углом опережения зажигания;*
- *Раскрыть термин «детонационное сгорание смеси»;*
- *Перечислить факторы, влияющие на наступление детонации;*
- *Перечислить возможные последствия длительной работы на режиме детонационного сгорания смеси.*

РЕСУРСЫ И СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ

Наименование/описание	Количество
Плакаты «Контактно-транзисторная система зажигания бензинового мотора»	1 комплект
Видеофильм «Контактно-транзисторная система зажигания». Производство Нидерланды.	1 комплект
Видеофильм «Обслуживание автомобиля семейства ВАЗ» Производство Россия	1 комплект
Слайды по теме «Контактно-транзисторная система зажигания» Производство Германия.	1 комплект
Приборы контактно-транзисторной системы зажигания.	6 шт.
Стробоскоп	1 шт.
Автомобильный мультиметр.	3 шт.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

Учебный элемент «Система зажигания. Обзор. Часть 1 и 2».

Полупроводниковые приборы. Электронная и дырочная проводимость. Полупроводниками называют химические элементы, занимающие промежуточное положение между диэлектриками и проводниками. Проводимость этих химических элементов зависит от внешних физических воздействий, например, изменение температуры вещества, отнесенного к полупроводникам, воздействие на него магнитного поля и т.п. вызывает изменение его электрической проводимости. Кремний – весьма распространенный элемент. Например, это основной элемент в песке и кварце.

5 B Boron 2.34	6 C Carbon 2.62	7 N Nitrogen 1.251
13 Al Aluminum 2.70	14 Si Silicon 2.33	15 P Phosphorus 1.82
31 Ga Gallium 5.91	32 Ge Germanium 5.32	33 As Arsenic 5.72

Рис. 3.1. Фрагмент таблицы Менделеева.

Если взглянуть на периодическую таблицу, вы увидите, что кремний находится по соседству с алюминием и фосфором, под углеродом и над германием. Углерод, кремний и германий (германий, как и кремний, является полупроводником) имеют уникальное качество в их структуре – каждый имеет четыре электрона на внешней орбите. Четырех электрона на внешней орбите создает прочную ковалентную связь с четырьмя соседними атомами, создавая прекрасную кристаллическую решетку.

Углерод известен нам, как сверхтвёрдый кристалл - алмаз. В кремнии кристаллическая структура менее прочная и выглядит как металлическая субстанция.

Если под воздействием внешней энергии электрону атома сообщается энергия, достаточная для того, чтобы порвать ковалентную связь, то, освободившийся электрон становится носителем заряда — электроном проводимости. В свою очередь, электрон, освободившись от ковалентной связи, образует в кристаллической решетке вещества незаполненную межатомную связь — дырку проводимости. Освободившееся место может быть заполнено электроном, перешедшим под действием магнитного поля или теплового воздействия из нейтрального соседнего атома. Но на том месте, где только что был электрон, образуется новая дырка. Её может заполнить электрон следующего атома. Последовательное заполнение свободной межатомной связи электронами подобно движению дырки в полупроводнике в противоположном на-

правлении. Под воздействием внешнего электрического или магнитного поля дырка во всем ведет себя, как положительно заряженная частица вещества. При наличии внешнего электрического поля в полупроводнике дырки дрейфуют по направлению поля, а электроны — в противоположном направлении. Следовательно, в полупроводнике имеются два типа носителей тока — дырка проводимости и электроны проводимости. Проводимость, образованная наличием дырок в структуре полупроводника называется ***p*** — проводимостью (от слова ***positive*** — положительный), а проводимость, образованная наличием свободных электронов в структуре полупроводника называется ***n*** — проводимостью (от слова ***negative*** — отрицательный). На практике используется исключительно примесная проводимость, создаваемая путем добавления к тщательно очищенному полупроводнику весьма малого, но точно установленного количества определенной примеси. Примесь придает проводимости полупроводника резко выраженный определенный характер ***p*** — проводимости, или ***n*** — проводимости. Введенные в кристаллическую решетку полупроводника атомы примеси могут отдавать свой электрон, создавая электронную проводимость — такие примеси называют донорными. Другие же примеси захватывают электрон из кристаллической решетки полупроводника, создавая в нем дырочную проводимость. Эти примеси носят название акцепторных. В настоящее время в полупроводниковых приборах широко применяют два элемента: кремний (***Si***) и германий (***Ge***). Электронная примесная проводимость возникает, когда у атома примеси одним валентным электроном больше, чем у полупроводника. По отношению к германию и кремнию донорами могут служить элементы V группы таблицы Менделеева — мышьяк, сурьма и фосфор. Например, когда в кристаллической решетке германия один атом замещается атомом мышьяка, возникает явление электронной проводимости, так как один электрон внешней электронной орбиты мышьяка оказывается не задействован в парно-электронной связи. Этот пятый валентный электрон мышьяка, становясь свободным, придает примесную ***n*** — проводимость. Если же в кристаллической решетке германия или кремния один атом заместить атомом галлия, имеющего на внешней электронной орбите только три валентных электрона, в кристаллической решетке возникнет недостаток одного электрона, образуя дырку. Этот недостаток (дырка) дает примесную ***p*** — проводимость.

В кремниевой кристаллической решетке, все атомные связи крепки с ближайшими четырьмя соседними, не оставляя соседних электронов, создающих электрический ток. Это делает кремний скорее изолятором нежели проводником. **Полупроводники *p*-типа** В *p*-типе легировании, бор или галлий являются присадкой. Бор или галлий замещают один из атомов кремния в его кристаллической решетке. Атомы кремния имеют по три электрона на внешней орбите. При внедрении в кристаллическую решетку галлия или бора, из-за недостатка электронов на внешней орбите этих веществ образуется «дырочная» проводимость в кристаллической структуре, где кремниевому электрону, ранее связанному с электроном соседнего кремния нечего связы-

вать. Отсутствие электрона создает эффект положительного заряда, отсюда и название **p**-тип (**positive** – положительный).

Отверстия могут проводить ток. Отверстие отлично принимает электрон от соседа, передвигая отверстие в пространстве. Кремний **p**-типа является хорошим проводником, обладающим ионной проводимостью.

Полупроводник **n**-типа

При **n**-типе легирования в кремниевую структуру добавляются в небольших количествах фосфор или мышьяк. Каждый из них имеет пять внешних электронов, поэтому они, замещая один из атомов кремния в его кристаллической решетке, снабжают кристаллическую решетку свободным электроном.

Лишнему электрону нечего связывать, поэтому он, находясь в свободном состоянии, создает электронную проводимость. Требуется только небольшое количество примеси, чтобы создать достаточно свободных электронов, это позволит электрическому току свободно протекать через кремниевую структуру. Кремний **n**-типа является хорошим проводником. Электроны имеют отрицательный заряд, поэтому такие полупроводники называют **n**-тип (**negative** – отрицательный).

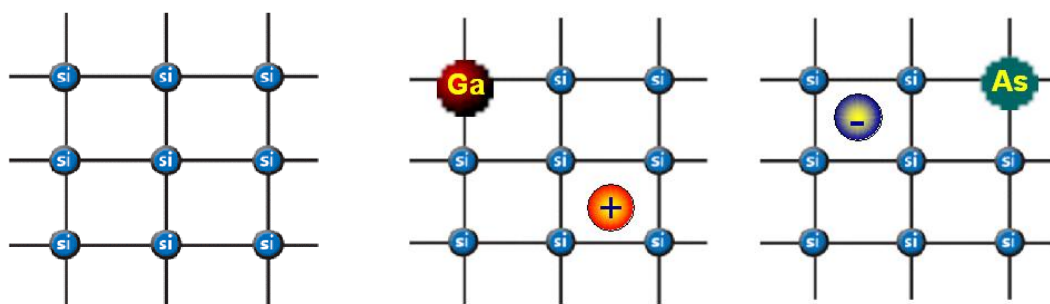


Рис.3.2. Создание «дырочной» и «электронной» проводимости замещением атома кремния атомом легирующей добавки.

Полупроводниковые диоды. Если два кристалла кремния, имеющих примесную **n** — проводимость и **p** — проводимость, плотно соединить двумя гранями, то на границе контакта возникнет электронно-дырочный переход, или запирающий слой. Этот слой обладает вентильными свойствами, то есть обладает односторонней проводимостью.

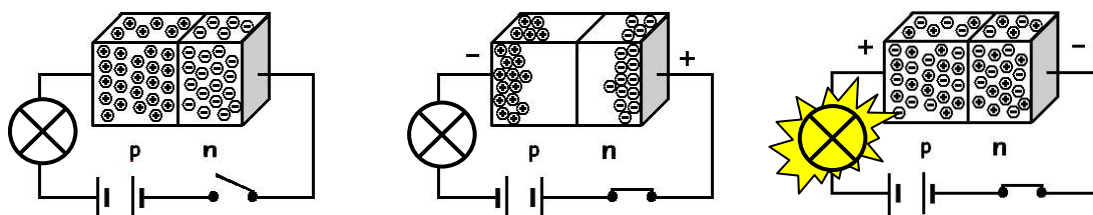


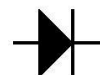
Рис. 3.3. Односторонняя проводимость диода

Проделаем следующий опыт. Приложим положительный полюс источника тока к грани кристалла, обладающего n — проводимостью, а отрицательный полюс источника тока к грани кристалла, обладающего p — проводимостью. В результате притяжения разноименных зарядов внутри диода образуется пограничный запирающий слой, который будет препятствовать прохождению электрического тока через диод.

Теперь при подключении источника тока сменим его полярность. В результате диффузии положительные заряды (дырки) переместятся в кристалл, обладающий n — проводимостью, а электроны переместятся в кристалл, обладающий p — проводимостью. В этом случае пограничный (запирающий) слой исчезнет и между кристаллами возникнет проводимость.

В автомобильной электронике диоды широко применяются в выпрямителях переменного тока, вырабатываемых генераторами (альтернаторами), а также в электрических цепях, защищающих обмотки электромагнитных катушек, транзисторов и других приборов.

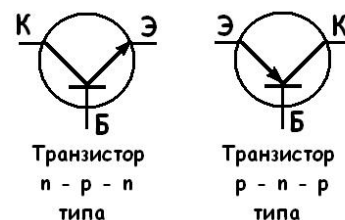
На схемах применяется условное обозначение диода, которое показывает, в каком направлении диод проводит ток, а в каком препятствует прохождению электрического тока.



Транзистор. Транзистор — это полупроводниковый прибор, состоящий из двух диодов соединенных одноименными полюсами.

В транзисторе образуется $p - n - p$ или $n - p - n$ переход. Это зависит только от того, какие типы примесей используются в боковых кристаллах, то есть, какой тип проводимости присущ этим кристаллам.

В зависимости от схемы построения транзистора, его обозначения в электрических схемах различно.



Как было уже сказано выше, транзистор представляет собой два последовательно соединенных диода. Однако это последовательное соединение происходит не за счет проводов, а при непосредственном контакте кристаллов с донорной или акцепторной проводимостью.

При соединении этих кристаллов мы получим трехслойный «пирог» из кристаллов кремния или германия с различной проводимостью.

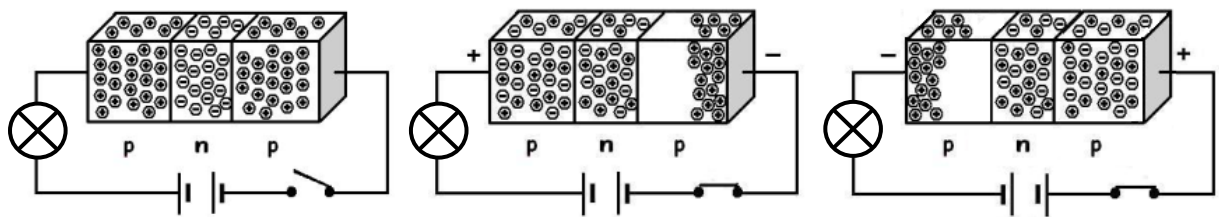


Рис 3.4. Двустороннее отсутствие проводимости в транзисторе при смене полярности подключения источника тока.

При подключении транзистора к электрической цепи ток через транзистор не пойдет, так как (p — n) переход обладает проводимостью, а (n — p) переход обладает очень высоким сопротивлением.

Изменение полярности подключения транзистора не делает его проводящим, так как теперь переход (p — n) — (слева к среднему кристаллу) обладает очень высоким сопротивлением, а (n — p) переход — (от среднего к правому кристаллу) обладает проводимостью.

Напряжение смещения Если к кристаллам с (n — p) переходом приложить небольшую разность потенциалов, которую можно организовать, подключив дополнительный источник тока, то под действием электрического поля произойдет смещение ионов с донорной и акцепторной связью.

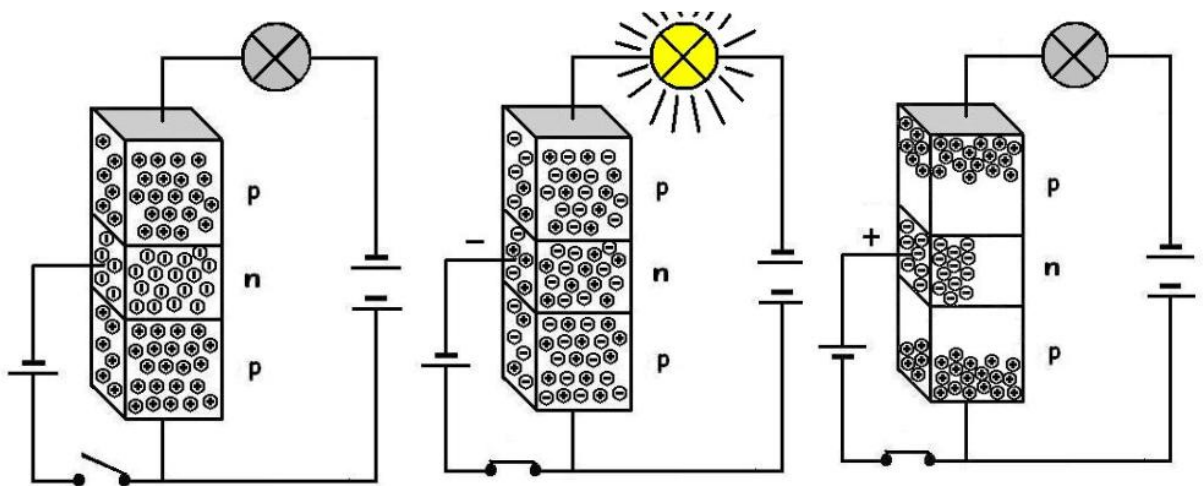


Рис. 3.5. Организация проводимости транзистора подачей напряжения смещения.

На рисунке 3.5 показано, как следует подключить транзистор для получения проводимости между его боковыми кристаллами, носящими название эмиттер и коллектор. Серединный кристалл транзистора будем называть его базой.

Если замкнуть контакты выключателя, то на серединный кристалл (базу транзистора) поступит отрицательный потенциал дополнительного источника тока, а на нижний кристалл транзистора (коллектор транзистора) посту-

пит положительный потенциал дополнительного источника тока. Рассмотрев нижние два кристалла и цепь дополнительного источника тока отдельно от всей цепи можно увидеть, что при таком подключении нижняя пара кристаллов становится проводящей. Так как к верхнему кристаллу, обладающему p – проводимостью, подается отрицательный потенциал основного источника тока, то положительно заряженные частицы этого кристалла должны притягиваться к отрицательному полюсу основного источника тока, но отрицательно заряженные частицы среднего кристалла проникнут в этот кристалл, сделав переход между этими кристаллами проводящим.

В результате поступления отрицательного потенциала дополнительного источника тока произойдет смещение отрицательно заряженных частиц базы транзистора в кристаллы коллектора и эмиттера, обладающих избытком положительно заряженных частиц. Поэтому, напряжение дополнительного источника тока называется «напряжением смещения». В результате этого смещения оба перехода: $(p - n)$ и $(n - p)$ будут обладать высокой проводимостью, и через транзистор можно будет пропускать электрический ток.

Сила тока, проходящего через транзистор, будет обладать прямой зависимостью от напряжения смещения: чем выше напряжение смещения — тем выше значение силы тока, проходящего через транзистор. Следовательно, величиной напряжения смещения мы можем регулировать внутреннее сопротивление транзистора. Это означает, что транзистор можно использовать для усиления сигнала, если этот сигнал подавать в виде переменного напряжения на $(n - p)$ переход (напряжение смещения) или использовать его в виде бесконтактного (электронного) выключателя, подавая или убирая напряжение смещения. Давайте рассмотрим, как же будет действовать транзистор, обладающей $p - n - p$ проводимостью, если на его базу подать положительный потенциал дополнительного источника тока.

Отрицательно заряженные частицы базы будут притягиваться к положительному полюсу дополнительного источника тока, а положительно заряженные частицы коллектора (нижнего кристалла) будут притягиваться к отрицательному полюсу дополнительного источника тока. Средний слой совместно с нижним кристаллом перейдут в непроводящее состояние. Образуются пограничные слои между $(p - n)$ и $(n - p)$ переходами кристаллов. Транзистор потеряет проводимость. Вывод, если пропускать электрический ток через переход база — коллектор (для кремниевых транзисторов для этого необходимо напряжение около 0,65 Вольта), то через эмиттер на коллектор можно пропустить напряжение, значительно превосходящее напряжение, поданное на базу. Если управляющий ток отключить, проводимость между эмиттером и коллектором исчезнет.

На практике, использовать дополнительный источник тока для создания напряжения смещения нецелесообразно. Можно использовать и основное напряжение, но для получения напряжения смещения, потребуется установить в управляющую цепь так называемый «делитель напряжения».

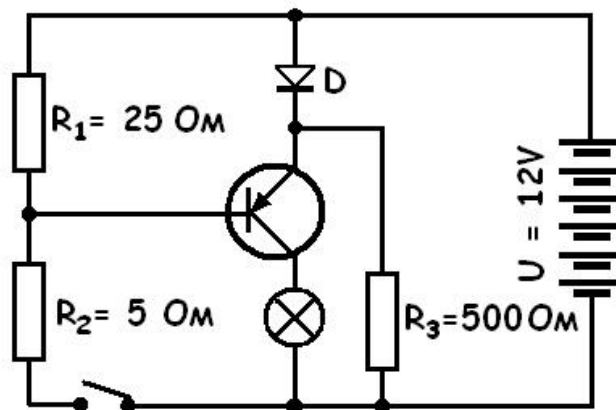


Рис. 3.6. Применение резисторов для организации напряжения смещения.

Делитель напряжения содержит два последовательно соединенных резистора, обладающих разным по величине сопротивлением. Среднюю точку соединений резисторов присоединим к базе транзистора, а в цепь одного из резисторов установим выключатель.

При замкнутых контактах выключателя резисторы R_1 и R_2 играют роль делителя напряжения и создают напряжение смещения на базе транзистора так, что он становится проводящим. Ток идет через диод D от эмиттера к коллектору транзистора и поступает на потребитель электрической энергии (например, лампочку). При размыкании контактов выключателя ток через делитель напряжения прерывается, и база транзистора оказывается под полным напряжением аккумуляторной батареи. В то же время небольшой по величине ток идет через диод D и резистор R_3 , в результате чего эмиттер оказывается под разницей потенциалов, примерно на $0,7V$ отрицательнее базы. Переход между эмиттером и базой мгновенно закрывается, делая транзистор непроводящим.

Это явление можно продемонстрировать на следующем примере, приведенном на рисунке 3.7. Для лучшего восприятия сравним напряжение (разность потенциалов) с разностью уровней жидкости в сообщающихся сосудах.

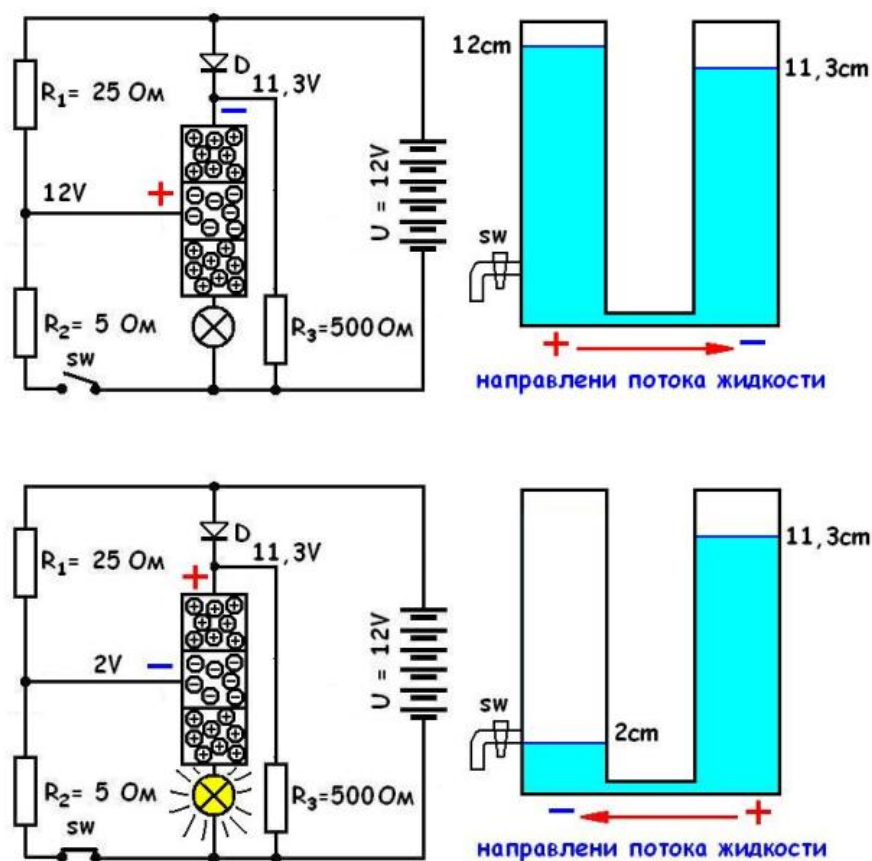


Рис. 3.7. Гидравлическая модель, демонстрирующая действие напряжения смещения

Если выключатель электрической цепи находится в положении «выключено», то есть контакты выключателя разомкнуты, проводимость через выключатель отсутствует. Для наглядности выключатель «SW» представим в виде крана, обозначенного на гидравлической схеме той же аббревиатурой «SW».

Кран, так же как и выключатель находятся в непроводящем состоянии. При этом положении выключателя (сливного крана) на базе транзистора напряжение составляет 12 Вольт, а в гидравлической модели уровень жидкости в левом сосуде 12 сантиметров.

Так как при разомкнутом положении выключателя «SW» электрический ток имеет возможность проходить через диод «D» и резистор R_3 , происходит падение напряжения на этом резисторе, равное 0,7 Вольт. Следовательно, на коллектор (верхний кристалл) транзистора поступает напряжение не 12, а $12 - 0,7 = 11,3$ В. На гидравлической модели в правом сосуде уровень жидкости находится на отметке 11,3см. По закону сообщающихся сосудов уровни жидкостей будут стремиться выровняться, поэтому в соединительной трубке жидкость потечет слева направо. Мы помним, что электричество течет от плюса к минусу, поэтому будем считать, что на базу транзистора из-за повышенного значения потенциала будет поступать «плюс», а на коллектор, из-за более низкого значения потенциала, будет поступать «минус». В этой ситуации транзистор будет находиться в непроводящем состоянии.

Если же контакты выключателя замкнуть, то на базу транзистора будет поступать напряжение всего лишь $2V$, так как, проходя через резистор R_1 , большая часть напряжения исчезнет на нем (падение напряжения на резисторе R_1 при силе тока в $0,4A$ составит $10V$).

На гидравлической модели замыканию контактов выключателя «SW» будет соответствовать открытое положение сливного крана.

Уровень жидкости в левом сосуде снизится до 2см , при этом, в правом сосуде уровень жидкости останется на прежнем уровне $11,3\text{см}$. Естественно, направление потока жидкости изменится на противоположное, то есть справа налево.

На электрической схеме мы видим, что у базы транзистора потенциал снизился до $2V$, при этом потенциал у коллектора остался на уровне $11,3V$. Это можно представить, как поступление на базу более низкого потенциала – «минуса» а не коллектор транзистора поступает «плюс». В этой ситуации транзистор перейдет в проводящее состояние, то есть от коллектора к эмиттеру потечет ток, поступая на потребитель электрической энергии – лампу, которая загорится.

Так будет работать транзистор в роли электронного ключа.

Разновидности транзисторных и электронных систем зажигания.

Термин «электронные системы зажигания» означает, что в системе управления электроискровым зажиганием в той или иной мере используются полупроводниковые приборы — диоды, транзисторы, стабилитроны и т.п., используемые для переключения или усиления сигналов датчиков. До широкого внедрения электронных полупроводниковых приборов в технику применение электроники на автомобилях было немыслимо из-за больших габаритов, малой надежности и высокой энергоемкости. В середине 60-х годов XX века положение коренным образом изменилось. Электронные приборы стали компактными, сравнительно дешевыми, с высокой наработкой на отказ.

В настоящее время существует четыре основных типа систем зажигания, которые условно можно отнести к электронным системам зажигания контактно-транзисторные; бесконтактно-транзисторные; цифровые; микропроцессорные.

В начале главы мы подобно остановились на принципе работы полупроводниковых приборов. Эти знания нам очень пригодятся при изучении электронных систем зажигания. В дальнейшем мы рассмотрим системы зажигания с распределением высоковольтной энергии вращающимся ротором, а для усиления полученного сигнала используются свойства транзистора играть роль бесконтактного выключателя — «электронного ключа». Использование свойств полупроводниковых приборов широко применяются в автомобильной технике. Основное отличие этих систем состоит в различных способах получения управляющего сигнала.

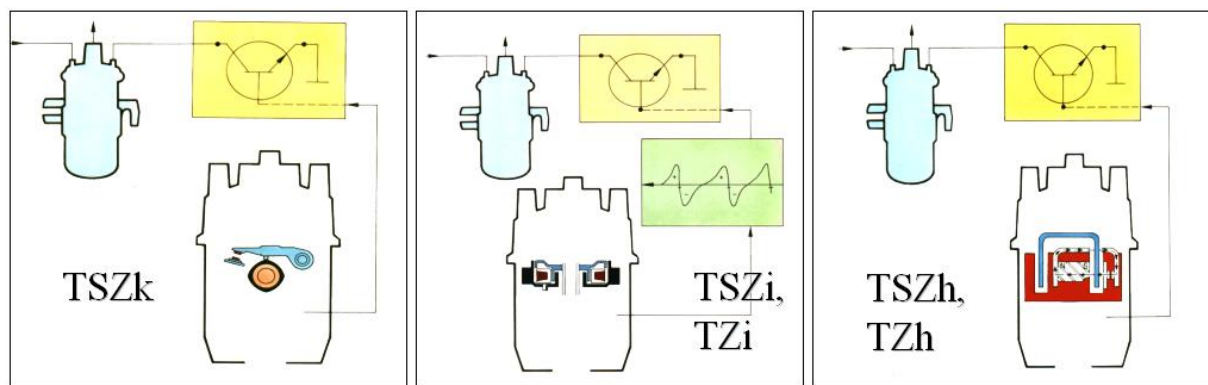


Рис. 3.8. Отличительные особенности транзисторных и электронных систем зажигания.

Для унификации в обозначении различных систем прибегают к единым аббревиатурам. Вот некоторые из них.

TSZ – k - Контактно-транзисторное зажигание – получение управляющего сигнала с помощью механических контактных прерывателей. Управление мощностью сигнала с помощью транзисторных коммутаторов. Распределение высоковольтной энергии вращающимся ротором.

TSZ – i - Транзисторное с индуктивным датчиком - получение управляющего сигнала с помощью индуктивного генератора. Управление мощностью сигнала с помощью транзисторных коммутаторов. Распределение высоковольтной энергии вращающимся ротором.

TSZ – h - Транзисторное с генератором Холла - получение управляющего сигнала с помощью генератора Холла. Управление мощностью сигнала с помощью транзисторных коммутаторов. Распределение высоковольтной энергии вращающимся ротором.

TZ – i - Электронное с индуктивным датчиком - получение управляющего сигнала с помощью индуктивного генератора. Управление мощностью сигнала с помощью коммутаторов, созданных на основе гибридной технологии. Распределение высоковольтной энергии вращающимся ротором.

TZ – h - Электронное с датчиком Холла - получение управляющего сигнала с помощью генератора Холла. Управление мощностью сигнала с помощью коммутаторов, созданных на основе гибридной технологии. Распределение высоковольтной энергии вращающимся ротором.

Применение электронного ключа в системах зажигания.

В автомобильных электрических схемах в основном используется свойство транзистора играть роль бесконтактного выключателя или «электронного ключа».

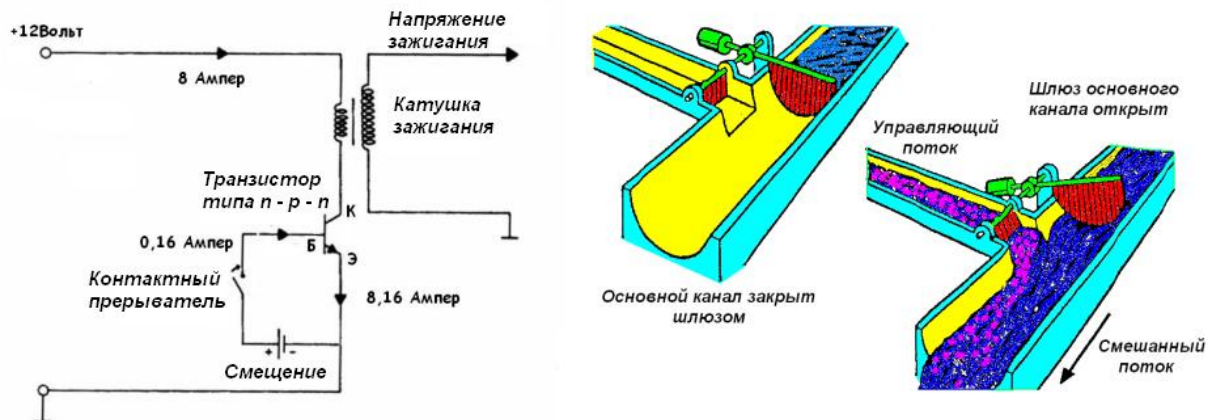


Рис. 3.9. Электронный ключ и его гидравлический аналог

На рисунке изображена схема с электронным ключом, который управляет обычной контактной системой зажигания. В этой схеме роль электронного ключа выполняет транзистор типа $n - p - n$, включенный в цепь первичной обмотки катушки зажигания.

Ток первичной обмотки проходит от коллектора (К) к эмиттеру (Э) до тех пор, пока эмиттер имеет отрицательное напряжение относительно базы (Б).

При размыкании контактов прерывателя положительное напряжение, подаваемое на базу, отключается, и ток эмиттера прерывается.

На схеме показано, что ток базы, следовательно и ток через контакты прерывателя равен 0,16А, что составляет всего 2% от силы тока, проходящего между коллектором и эмиттером, и следовательно в пятьдесят раз меньше силы тока, проходящего через первичную обмотку катушки зажигания.

Поскольку ток, проходящий через контакты прерывателя, составляет 2% от силы тока, проходящего через первичную обмотку катушки зажигания, ресурс контактов прерывателя многократно увеличился и достиг значения 150000 километров пробега.

Показанная выше электрическая схема иллюстрирует только принцип работы контактно-транзисторной системы зажигания.

Такая схема не получила применения из-за необходимости введения дополнительного источника тока, создающего смещение.

Схема системы зажигания с электронным ключом. В действительной электрической схеме напряжение смещения создается с помощью делителя напряжения, состоящего из двух последовательно соединенных резисторов.

При замкнутом положении выключателя зажигания ток от положительной клеммы аккумуляторной батареи потечет через резистор R_1 . Преодолев разветвление цепи, ток течет через резистор R_2 на базу транзистора, по другой ветви ток течет через диод D_1 на эмиттер транзистора, и, если транзистор находится в незапертом состоянии, через коллектор на первичную об-

мотку катушки зажигания. Второй конец первичной обмотки соединен через корпус автомобиля с отрицательной клеммой аккумуляторной батареи.

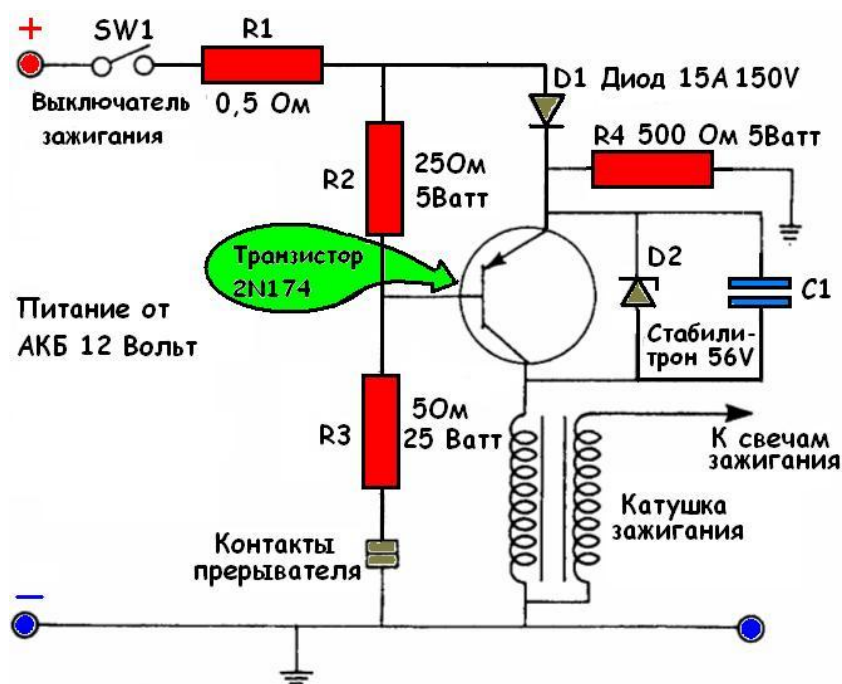


Рис. 3.10. Использование транзистора в роли электронного ключа системы зажигания.

Резисторы R_2 и R_3 создают смещение на базе транзистора, если контакты прерывателя находятся в замкнутом состоянии. Это смещение вводит транзистор в состояние проводимости.

При размыкании контактов прерывателя ток через делитель напряжения прерывается и на базу транзистора поступает напряжение аккумуляторной батареи. В то же время через диод и резистор R_4 продолжает течь небольшой по своему значению ток, в результате чего эмиттер оказывается под напряжением, меньшим напряжения, поступающего на базу транзистора примерно на 0,7V. Этого оказывается вполне достаточно, чтобы в результате этой разности потенциалов ионы в пограничном слое сместились так, что прохождение тока через эмиттер к коллектору стало невозможным. В этот момент транзистор почти мгновенно переходит в запертое состояние. В результате возникшего в первичной обмотке катушки зажигания напряжения самоиндукции во вторичной обмотке индуцируется высокое напряжение.

Транзистор, работающий в режиме электронного ключа, защищен от разрушения высоким напряжением стабилитроном D_2 . Напряжение самоиндукции, возникающее в первичной обмотке при размыкании контактов прерывателя, может повредить транзистор, так как наведенное напряжение самоиндукции может в несколько раз превысить рабочее напряжение. При достижении порогового напряжения в 56V стабилитрон открывается и пропускает напряжение самоиндукции через резистор R_4 на массу.

Как только наведенное напряжение становится ниже 56V, стабилитрон закрывается, но конденсатор C_1 принимает на себя остаточное переменное напряжение с амплитудой менее 56V.

Контактно-транзисторные системы зажигания.

Контактно-транзисторная система зажигания явилась переходным этапом от контактной (батарейной) системы зажигания к бесконтактным электронным системам. Основной причиной появления этих систем явилась попытка улучшить характеристики контактной (батарейной) системы зажигания, то есть устранить подгорание и износ контактов в результате прохождения через них тока большой силы. В контактно-транзисторной системе зажигания первичная обмотка катушки зажигания получает напряжение не через контакты прерывателя, а коммутируется через силовой транзистор, управляемый контактами прерывателя. Применение контактно-транзисторной системы зажигания потребовало включения в электрическую цепь питания катушки зажигания электронного коммутатора, объединяющего в своем составе силовой транзистор «электронный ключ» и элементы схемы его управления и защиты. На приведенном рисунке 3.10 представлена схема контактно-транзисторной системы зажигания на одном транзисторе. Транзистор в этой схеме играет роль «электронного ключа», или, иными словами, роль бесконтактного выключателя. Схема с одним транзистором проста. Но лучшим решением является схема с двумя транзисторами.

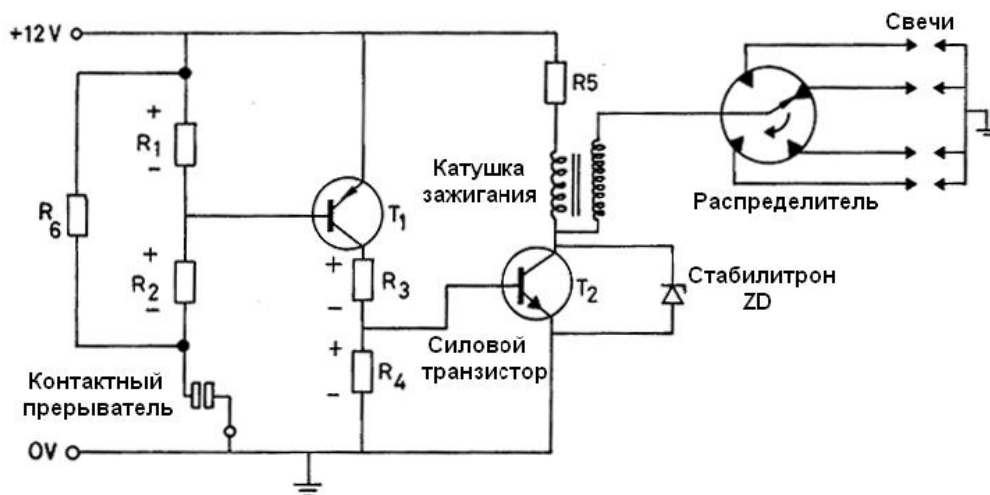


Рис.3.11. Контактно-транзисторная система с двумя транзисторами

Транзистор T_1 получает сигнал от прерывателя и подает управляющий сигнал на силовой транзистор T_2 . Преимущество использования данной схемы заключается в пониженном тепловом режиме работы транзисторов.

В схеме использованы два транзистора разного типа: транзистор T_1 типа $p - n - p$ и транзистор T_2 типа $n - p - n$. Транзисторы типа $p - n - p$ находятся в проводящем состоянии, когда его база имеет отрицательное смещение относительно эмиттера, а транзисторы типа $n - p - n$ наоборот, когда

смещение имеет отрицательное значение, находятся в непроводящем состоянии.

При размыкании контактов прерывателя база транзистора T_1 получает положительный потенциал через резистор R_1 , поэтому эмиттер-коллекторный переход транзистора закрыт. В этом случае база транзистора T_2 через резистор R_4 получает отрицательный потенциал, и транзистор закрывается для прохождения тока.

Цепочка резисторов $R_1 - R_2$ рассчитана так, чтобы обеспечить необходимое отрицательное смещение на базу транзистора при замыкании контактов прерывателя. Резистор R_6 , включенный в цепь параллельно цепочке резисторов $R_1 - R_2$, необходим для того, чтобы через контакты прерывателя протекал ток примерно 250мА, необходимый для выгорания загрязнений и предотвращения коррозии. R_5 – добавочное сопротивление, служащая для ограничения тока, проходящего через первичную обмотку катушки зажигания.

Стабилитрон, установленный параллельно силовому транзистору, предотвращает его повреждение при возникновении в первичной обмотке напряжения самоиндукции в 350...400V. Стабилитрон, или диод Зенера, устроен так, что при напряжении на стабилитроне напряжения ниже определенного значения (в данном случае 100V), он имеет очень высокое сопротивление, так что его цепь можно считать разомкнутой. При достижении порогового значения напряжения наступает «пробой» стабилитрона, и ток в нем лавинообразно нарастает.

В контактной системе зажигания параллельно контактам устанавливается конденсатор, который в процессе его заряда-разряда поддерживает переменный ток наведенного напряжения в первичной обмотке при размыкании контактов прерывателя.

В СССР была разработана и достаточно успешно применялась как на легковых автомобилях ГАЗ-24, так и на грузовых автомобилях семейства ГАЗ и ЗИЛ контактно-транзисторная система зажигания с коммутатором ТК 102. Особенностью этого коммутатора является то, что напряжение смещения, управляющее силовым транзистором T_1 обеспечивается не посредством применения двух резисторов, как это было рассмотрено выше, а посредством резистора R_2 и импульсного трансформатора, содержащего две обмотки W_1 и W_2 .

При замыкании контактов прерывателя через них начинает протекать ток базы силового транзистора T_1 , попутно проходя через витки обмотки импульсного транзистора W_1 . Организованное отрицательное смещение, подаваемое на базу транзистора T_1 , открывает его эмиттерно-коллекторный переход для прохождения через него тока насыщения первичной обмотки катушки зажигания. Обмотка W_2 импульсного трансформатора, включена последовательно с обмоткой W_1 , поэтому в её витках возникает магнитное поле, противоположно направленное полю, наведенному витками обмотки W_1 .

- Недоступность регулирования времени накопления энергии первичной обмоткой катушки зажигания.

Для устранения недостатков контактной системы зажигания промышленностью выпущено большое количество различных электронных блоков, улучшающих работу контактной системы зажигания и фактически превращающие её в контактно-транзисторную систему зажигания. Фирмой Bosch разработан и реализуется через торговую сеть комплект оборудования, которое необходимо установить на автомобиль вместо некоторых штатных компонентов контактной системы зажигания.



Рис.3.13. Комплект для переоборудования контактной системы зажигания в контактно-транзисторную.

Установка доступна даже мало-мальски знакомому с электротехникой водителю. В России долгое время выпускались аналогичные системы «ТАНДЕМ-2», БУЗ-06, ОКТАН-1...4, ЭРУОЗ и др. Как и блок управления Sparkrite 2000, эти системы не предусматривают замены катушки зажигания.

Для генерации искры блок Sparkrite 2000 использует как энергию индуктивной катушки зажигания, так и энергию конденсатора, установленного в электронном блоке.

Упражнение 3.1.

Укажите, с какой целью в системе зажигания установлен добавочный резистор?

Напишите, куда присоединен вывод, имеющий маркировку 15a?

Заполните пустующие клетки таблицы

Таблица 3.1.

Конструктивные изменения в катушке	Последствия	Результат
Малое сопротивление первичной обмотки		
Малая индуктивность первичной обмотки		

Упражнение 3.2.

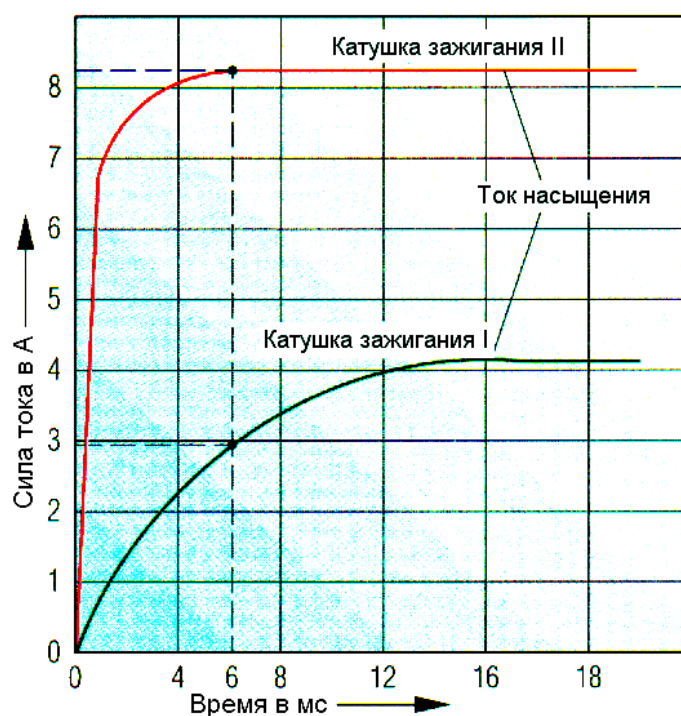


Рис. 3.14. График зависимости тока насыщения первичной обмотки обычной и модифицированной катушек зажигания.

Пользуясь приведенным на рисунке 3.14 графиком, опишите, что дает модернизация катушки зажигания и какие положительные результаты получены в результате её модернизации.

Напишите, почему модернизированную катушку зажигания, предназначенную для использования в контактно-транзисторной системе зажигания, нельзя использовать в контактной системе зажигания?

Упражнение 3.3.

В таблице 3.2 указаны сравнительные параметры катушек, используемые в контактной и контактно-транзисторной (электронной) системах зажигания.

Напишите, каким способом удалось снизить индуктивность катушки зажигания?

Простой математический подсчет показывает, что мощность первичной обмотки, подсчитанной по формуле:

$$P_1 = U_1 * I_1$$

оказывается немногим меньше мощности тепловых потерь в катушке зажигания. Объясните с чем это связано?

Определите силу тока во вторичной обмотке обычной и модернизированной катушке зажигания, если известно, что длительность искры составляет 2 мс

Для подсказки:

$$[1 \text{ Дж}] = [1 \text{ Вт}] * [1 \text{ с}] = [1 \text{ В}] * [1 \text{ А}] * [1 \text{ с}]$$

Индуктивность первичной цепи определяется как отношение наведенного напряжения к скорости изменения тока в первичной обмотке катушки зажигания.

$$L = \frac{E}{\Delta I / \Delta t}$$

Определите время необходимое для насыщения первичной обмотки током для систем зажигания, укомплектованной обычной и модифицированной катушками зажигания, если известно, что тепловые потери составили 49,5 Вт

Определите энергию, запасенную первичной цепью обычной и модифицированной катушки, и подсчитайте их КПД.

Результаты вычислений внесите в пустующие графы таблицы.

Таблица 3.2.

Параметры	Обычная катушка зажигания	Модифицированная катушка зажигания
Номинальное напряжение, V	12	12
Сопротивление первичной обмотки, R1 (Ом)	2,93	1,46
Сопротивление вторичной обмотки, R2 (Ом)		
Сила тока в первичной обмотке, I1 (A)	4,1	8,2
Сила тока во вторичной обмотке, I2 (A)		
Индуктивность первичной обмотки, L1 (Гн)	0,00625	0,004
Энергия первичной цепи W (Дж)	0,05	0,13
Энергия вторичной цепи W (Дж)		
Напряжение во вторичной цепи U2 (kV)	20	40
Наведенное напряжение первичной цепи U1 (kV)	200	400
Время насыщения первичной обмотки, t (с)		
КПД катушки зажигания, %		

Упражнение 3.4.

Появление контактно-транзисторной системы зажигания явилось, несомненно, большим шагом на пути внедрения электроники в автомобильную технику, однако наряду с выигранными преимуществами остался целый ряд недостатков, которые можно было бы устранить применением более совершенных систем формирования управляющего сигнала и систем управления временем накопления энергии в первичной катушке зажигания.

В начале изучения этого раздела мы предполагали, что вы, получив углубленные знания устройства и принципов работы систем зажигания, сможете высказать ваши предположения по улучшению работы этих систем. Поэтому...

Внесите ваши предположения в пустующие графы таблицы 3.3.

Выигранные преимущества	Не устраненные недостатки	Предположения по возможному улучшению
Транзистор обеспечивает более высокий ток и быстроту переключений	Механический распределитель и прерыватель	
Снижение износа контактов из-за малого управляющего тока	Ограничение частоты вращения из-за инертности контактов прерывателя	

Упражнение 3.4. Проверка внешних цепей транзисторного коммутатора ТК 102.

Для проверки внешних цепей отсоединяют провода от безымянной клеммы и клеммы «Р» транзисторного коммутатора. Присоединяют контрольную лампу между клеммой «М» и проводом, отсоединенным от безымянной клеммы.

При включении зажигания контрольная лампа должна гореть.

Пользуясь схемой, расположенной на рисунке 3. 12, объясните, неисправность каких компонентов электрических цепей системы зажигания может повлиять на горение лампы?

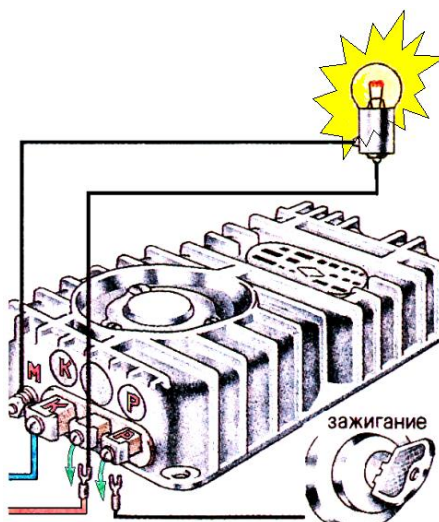


Рис. 3.15. Испытание внешних цепей транзисторной системы зажигания.

Упражнение 3.6. Проверка работоспособности транзисторного коммутатора ТК 102.

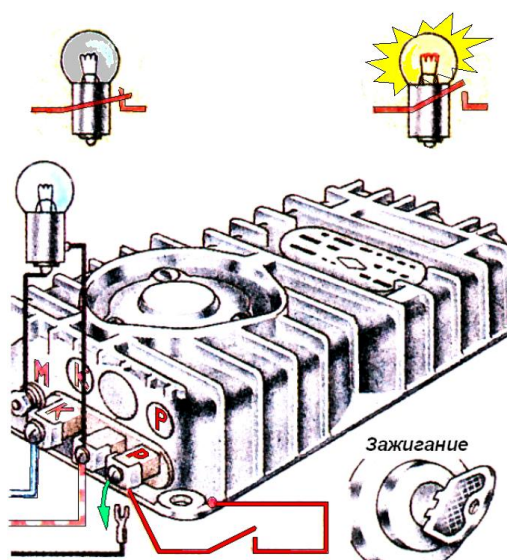


Рис. 3.16. Проверка внутренних цепей транзисторного коммутатора.

Подключить штатный провод и контрольную лампу к безымянной клемме коммутатора. К клемме «Р» подключить провод, который можно будет периодически замыкать на массу.

При исправном транзисторе коммутатора замыкание провода клеммы «Р» на массу не должно вызывать горения контрольной лампы, а размыкание, напротив, должно вызвать её горение.

Объясните, почему это происходит?
