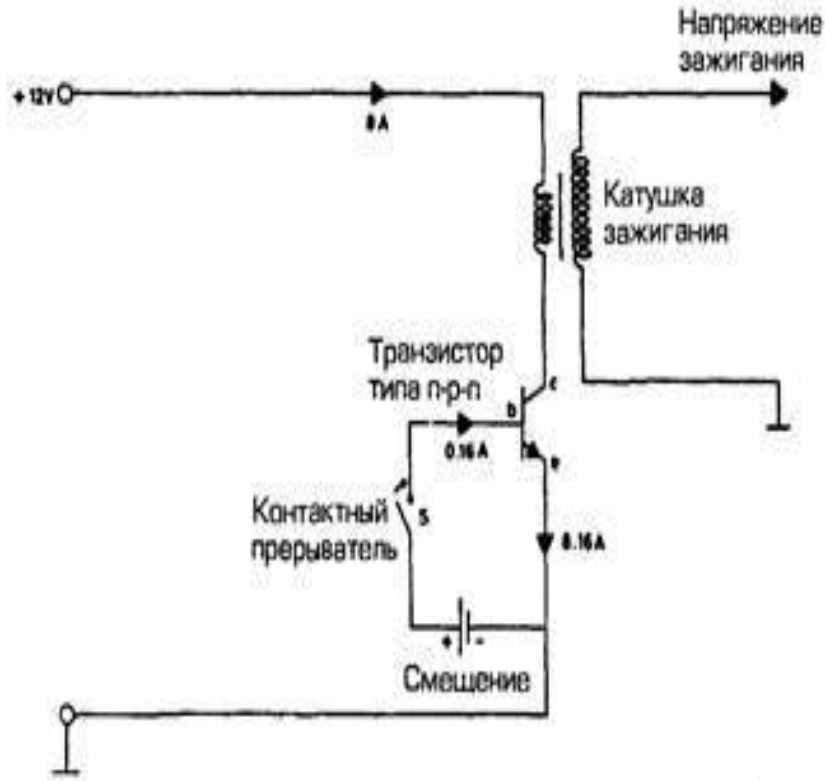


Современные автомобильные системы зажигания (транзисторные, электронные и микропроцессорные)

транзисторные



- **Контактные системы с электронным ключом**
- Эти системы появились первыми и представляли собой попытку улучшить характеристики батарейно-катушечной системы, не меняя ее основных принципов.
- Первым шагом было использование транзисторного ключа для прерывания цепи первичной обмотки катушки зажигания. Для управления включением и выключением электронного ключа использовались все те же контакты прерывателя. Простейшая схема такой системы изображена на рис. 6.46. Роль электронного ключа в ней выполняет транзистор типа п-р-п, включенный в цепи первичной обмотки катушки зажигания. Ток обмотки проходит от коллектора (с) к эмиттеру (е) до тех пор, пока эмиттер имеет отрицательное напряжение относительно базы (б). При размыкании контактов прерывателя S положительное напряжение от базы отключается и ток эмиттера прерывается. Цифры на схеме показывают, что ток базы, а следовательно, и ток через контакты, [0.16 А] составляет лишь 2% от управляемого транзистором тока (8 А). Таким образом, транзисторный ключ может включать и выключать довольно большой ток, требуя для своего управления ток значительно меньшей силы.

транзисторные

- Показанная схема иллюстрирует только принцип. Практического применения она не получила, поскольку требует для смещения напряжения базы относительно эмиттера дополнительного источника напряжения.
- Поскольку через контакты теперь протекает малый ток [в данном случае 0.16 A], долговечность контактов значительно возрастает. Кроме того в этой схеме уже не требуется конденсатор, поскольку контакты отделены от первичной обмотки катушки. Ресурс контактов даже при такой простой схеме повышается до 100 000 миль.
- При разработке катушки зажигания для схемы управления с транзисторным ключом приходится принимать во внимание индуктивность катушки

транзисторные

- Индуктивность, кроме всего прочего, зависит от числа витков обмотки. Энергия магнитного поля катушки составляет
- $W = 1/2 LI^2$,
- где W - запасенная энергия (Джоули);
 I - ток в обмотке катушки (Амперы);
 L - индуктивность катушки (Генри).
- 4 Важно, чтобы при замыкании контактов ток в обмотке катушки вырос как можно быстрее, чтобы успеть накопить достаточную энергию перед следующим размыканием.
- Индуктивность в электрической цепи подобна маховику. Как тяжелый маховик требует времени для раскрутки до заданной скорости, так и индуктивность препятствует нарастанию тока цепи.

транзисторные

- Время нарастания тока в первичной обмотке существенно сдерживает частоту вспышек. Поэтому разработчики приняли решение увеличить ток в первичной обмотке катушки с 3 А до 8 А. Это позволило уменьшить число витков первичной обмотки, но потребовало увеличить коэффициент трансформации катушки (отношение числа витков вторичной и первичной обмоток) до 250:1 и даже до 400:1, тогда как в обычной системе это соотношение равно 66:1.
- Уменьшение числа витков первичной обмотки, кроме того, позволило снизить активное сопротивление катушки и связанные с этим тепловые потери.
- Снижение индуктивности катушки зажигания имеет и еще одно важное значение. Дело в том, что при резком уменьшении тока в первичной обмотке, в ней возникает э.д.с. самоиндукции, которая может во много раз превзойти напряжение бортовой сети. Это напряжение может представлять опасность для других электрических и особенно электронных приборов автомобиля. Поэтому понятно стремление разработчиков максимально снизить индуктивность катушки.

транзисторные

- Скорость нарастания силы тока в первичной обмотке катушки является главным фактором, определяющим максимальную частоту работы системы зажигания. Уменьшение индуктивности катушки, которое становится возможным с применением электронного ключа, позволяет значительно повысить быстродействие системы. Преимущества системы зажигания с электронным ключом, позволяющие повысить частоту и мощность искры, долговечность свечи и контактов прерывателя, в целом увеличивают интервал между обслуживаниями системы.
- Вместе с тем, к недостаткам этой системы следует отнести оставшийся в ней механический прерыватель с контактами. В настоящее время автомобили с такой системой зажигания не выпускаются, хотя основанные на этом принципе приборы, предназначенные для модернизации старых автомобилей силами домашнего механика, остаются очень популярными.

транзисторные

22 Схема системы зажигания с электронным ключом

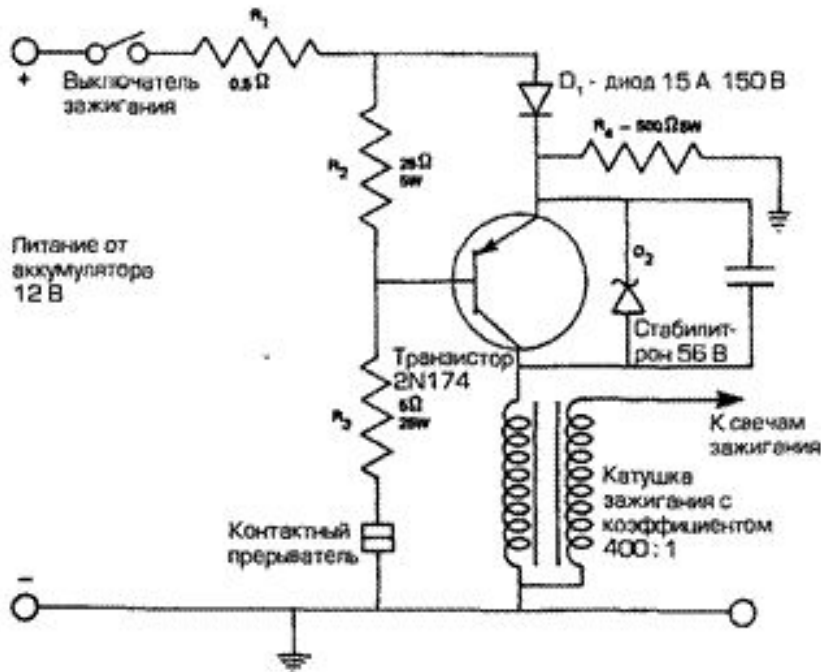


Рис. 6.49. Схема системы зажигания с электронным ключом на одном транзисторе

Как было указано выше, схема обладает недостатком: она требует дополнительного источника питания для смещения базы. В действительности напряжение для питания и для смещения берется от одного и того же источника - аккумулятора. Для получения напряжения смещения параллельно аккумулятору включается пара резисторов, образующих делитель напряжения. Реализация этой идеи показана на рис. 6.49, где изображена реально работающая схема.

Первая цель электронного зажигания состояла в том, чтобы оградить контакты прерывателя от большого тока первичной обмотки катушки. Транзистор, работающий в режиме ключа, защищен от высокого напряжения, возникающего вследствие самоиндукции, стабилитроном. При достижении напряжением порога проводимости стабилитрона (56 В), транзистор шунтируется его малым сопротивлением, пока не исчезнет напряжение самоиндукции.

транзисторные

- При замкнутых контактах прерывателя резисторы R_2 и R_3 выполняют роль делителя напряжения и создают смещение на базе транзистора так, что он оказывается включенным. Ток идет через резистор R_1 , диод D_1 , транзистор (от эмиттера к коллектору) и далее - через первичную обмотку катушки.
- При размыкании контактов ток через делитель прерывается и база оказывается практически под полным напряжением аккумулятора. В то же время через диод и резистор R_4 продолжает течь небольшой ток, в результате чего эмиттер оказывается под напряжением примерно на 0,7 В отрицательнее базы. Этого достаточно для того, чтобы транзистор мгновенно запер первичную обмотку катушки, в результате чего во вторичной обмотке индуцируется высокое напряжение.
- Схема обычно монтируется на пластине с хорошей теплопроводностью для отвода тепла и заливается эпоксидным компаундом для защиты от повреждений.

транзисторные

- **Схема системы зажигания с электронным ключом на двух транзисторах**
- Схема с одним силовым транзистором проста, но лучшим решением является схема с двумя транзисторами. В этом случае первый транзистор получает сигнал от прерывателя и управляет вторым, силовым, транзистором, который прерывает ток в катушке

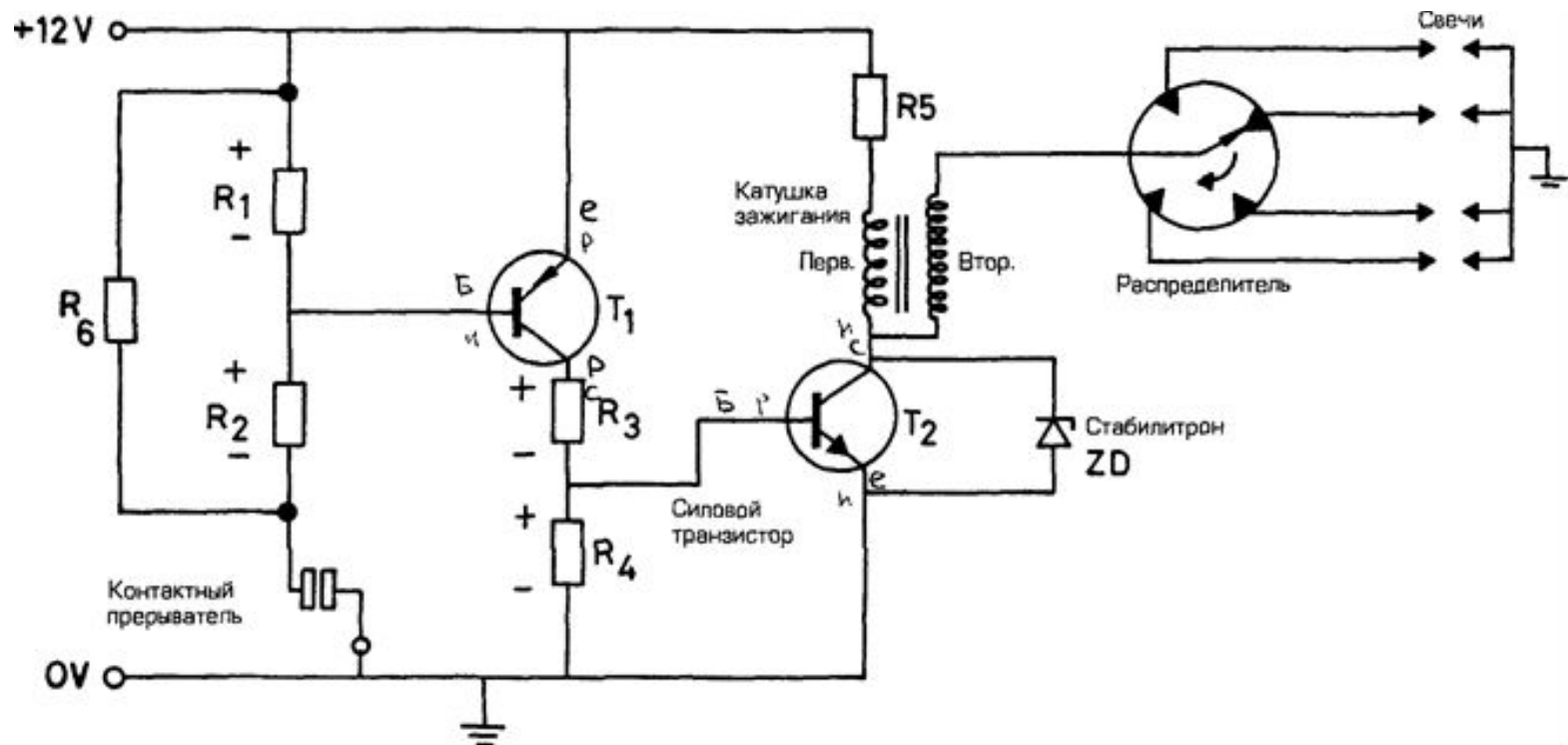


Рис. 6.50. Схема системы зажигания на двухтранзисторах

транзисторные

- Преимуществом схемы на двух транзисторах является пониженный тепловой режим транзисторов.
- В схеме использованы транзисторы разных типов: T_1 типа р-п-р и T_2 типа п-р-п. [Напомним, что транзистор типа р-п-р находится в проводящем состоянии, когда его база имеет отрицательное смещение относительно эмиттера, а для транзистора типа п-р-п необходимо смещение противоположного знака).

транзисторные

- При замкнутых контактах прерывателя ток, проходящий через цепочку R_1 и R_2 , создает на резисторе R_3 падение напряжения, достаточное для отпирания транзистора T_1 . Ток коллектора T_1 создает падение напряжения на резисторе R_4 , которое отпирает транзистор T_2 .
- При размыкании контактов смещение на базе T_1 пропадает и транзистор запирается. Отсутствие падения напряжения на R_4 запирает также и транзистор T_2 , прерывая ток через первичную обмотку катушки.
- Индуцированное высокое напряжение во вторичной обмотке через распределитель зажигания подается на свечи.
- В момент прерывания тока в катушке возникает э.д.с. самоиндукции, достигающая нескольких сотен Вольт, достаточных для пробоя транзистора T_2 . Для защиты транзистора параллельно ему установлен стабилитрон, который открывается при напряжении примерно 100 В и шунтирует транзистор.

транзисторные

- Цепочка резисторов R и R рассчитана так, чтобы обеспечить необходимое смещение на базу T_r . Резистор R_B рассчитан так, чтобы через контакты протекал ток примерно 250 мА, необходимый для выгорания загрязнений и предотвращения коррозии.
- R_5 - балластное сопротивление для ограничения тока через первичную обмотку.
- Существует множество вариантов этой схемы. Но, несмотря на то, что ее применение дает хорошие результаты, все же в ней остаются некоторые из недостатков обычных схем зажигания:

транзисторные

- а) Необходимость периодического обслуживания, обусловленная износом пары кулачок – толкатель
- б) Отрыв контакта от кулачка при высоких скоростях.
- в) Сравнительно высокая стоимость.

транзисторные

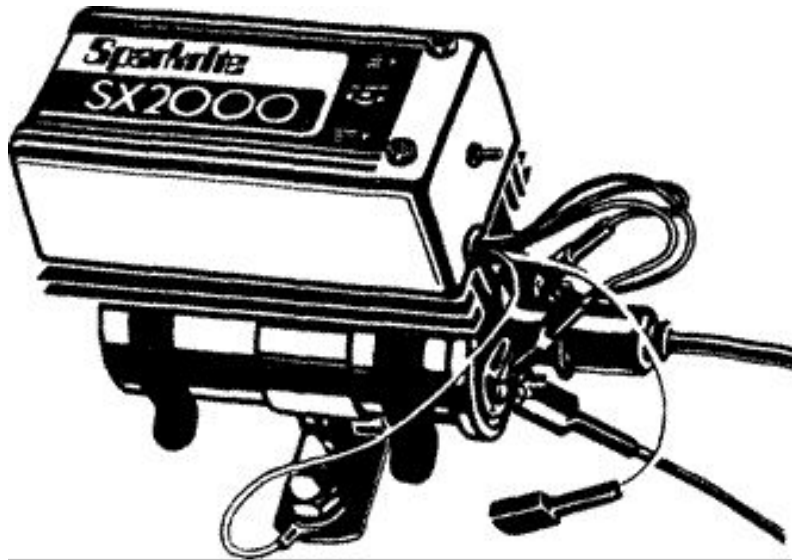


Рис. 6.51. Блок зажигания Sparkrite 2000

Следующим шагом в развитии транзисторных схем зажигания должен стать отказ от механических контактов.

Примером электронного устройстве, предназначенного для модернизации старых систем зажигания, может служить блок Sparkrite 2000 (см. рис. 6.51). Использование этого блока предполагает наличие как контактного прерывателя, так и катушки зажигания. Для генерации искры блок использует энергию как индуктивной катушки, так и конденсатора, совмещая в себе достоинства обеих систем.

транзисторные

- Использование блока с элементами старой системы зажигания позволяет повысить надежность зажигания при работе на бедных смесях при любых нагрузках и скоростях. Другим его достоинством является возможность возврата к старой системе зажигания в случае отказа электроники или какого-либо повреждения.
- При использовании блока Sparkrite 2000 все проверки и начальные установки системы зажигания лучше выполнять на исходной системе, т.е. при снятом блоке. Если момент зажигания установлен правильно, то подключение блока никак его не изменит и система будет работать с той же точностью

Конденсаторное зажигание

- В системах этого типа в цепь первичной обмотки катушки зажигания включен конденсатор, который запасает энергию, а затем разряжается через первичную обмотку.
- В отличие от других систем зажигания, в этой системе энергия, проходящая через катушку зажигания всегда постоянна и определяется следующим образом:
 - Энергия $U = 1/2 CV$ Джоулей,
- где C - емкость конденсатора в фарадах;
- V - напряжение на клеммах конденсаторе.

Конденсаторное зажигание

- Для накопления требуемой энергии конденсатор приходится заряжать высоким напряжением. Катушка зажигания отличается по конструкции от обычных катушек и по существу представляет собой импульсный трансформатор. Тем не менее, в ней также имеются первичная и вторичная обмотки.

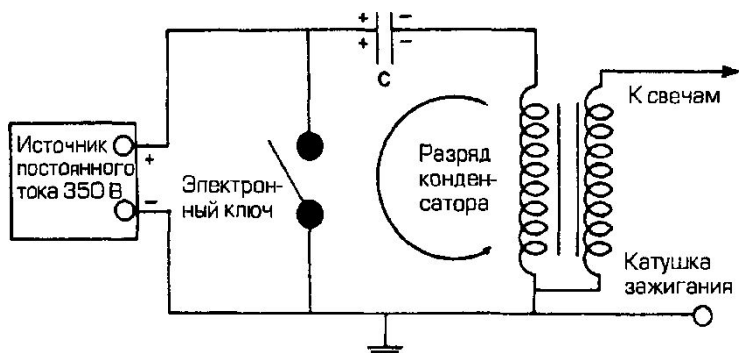


Рис. 6.52. Принцип работы конденсаторной системы зажигания

Принцип работы конденсаторной системы зажигания показан на рис. 6.52. Конденсатор заряжается от источника напряжения 350 В. В нужный момент включается электронный ключ и конденсатор быстро разряжается через первичную обмотку трансформатора. Этот импульс создает во вторичной обмотке напряжение около 40 кВ, которое подается на свечу.

Конденсаторное зажигание

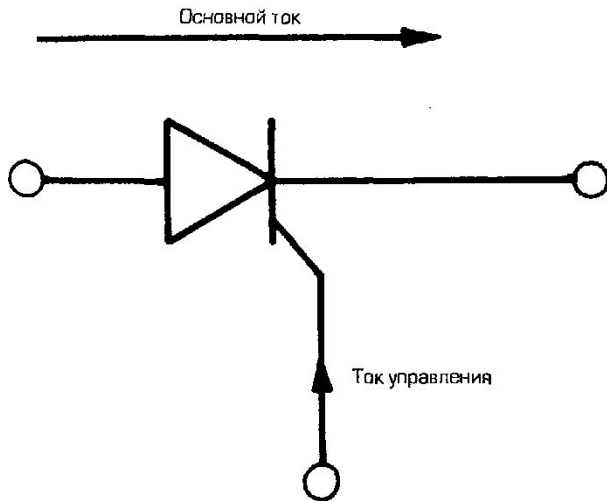


Рис. 6.53. Тиристор

- Роль электронного ключа выполняет силовой тиристор. Он представляет собой 4-слойный полупроводниковый прибор, запертый до тех пор, пока на его управляющий электрод не будет подано напряжение (см. рис. 6.53). При подаче управляющего напряжения тиристор мгновенно переходит в проводящее состояние, подобно электрическому выключателю. При уменьшении напряжения на его главных электродах ниже некоторого уровня, тиристор вновь запирается.
- Для управления тиристором требуется очень малый ток, причем он может подаваться в виде очень короткого импульса.

Конденсаторное зажигание

- Вернемся снова к рис. 6.52. При его внимательном изучении возникает вопрос: почему электронный ключ не замыкает накоротко источник питания?
- Конечно, он его замыкает, но из-за большого внутреннего сопротивления источника ток короткого замыкания через него будет пренебрежимо мал по сравнению с током разряда конденсатора через первичную обмотку.
- Управлять моментом зажигания можно и в этом случае с помощью контактного прерывателя, однако предпочтительнее для этой цели воспользоваться генератором импульсов индукционного или оптического типа, либо основанным на эффекте Холла.

Конденсаторное зажигание

- Если в качестве спускового устройства используется контактный прерыватель, необходимо принять специальные меры против возникновения случайных импульсов, вызванных колебаниями подвижного контакта при высоких скоростях работы двигателя. Пусковой импульс на управляющем электроде тиристора должен быть по возможности чистым и иметь прямоугольную форму.
- Короткое время заряда конденсатора (порядка 250 микросекунд) снижает требования к углу замкнутого состояния контактов.
- Катушки зажигания для обычной и конденсаторной систем зажигания не взаимозаменяемы, поскольку катушка конденсаторного зажигания не должна обладать большой индуктивностью для быстрого разряда конденсатора.
- Преимуществом конденсаторной системы является малое время восстановления заряда, которое примерно в 10 раз меньше, чем время подготовки к очередному разряду в обычной системе зажигания.

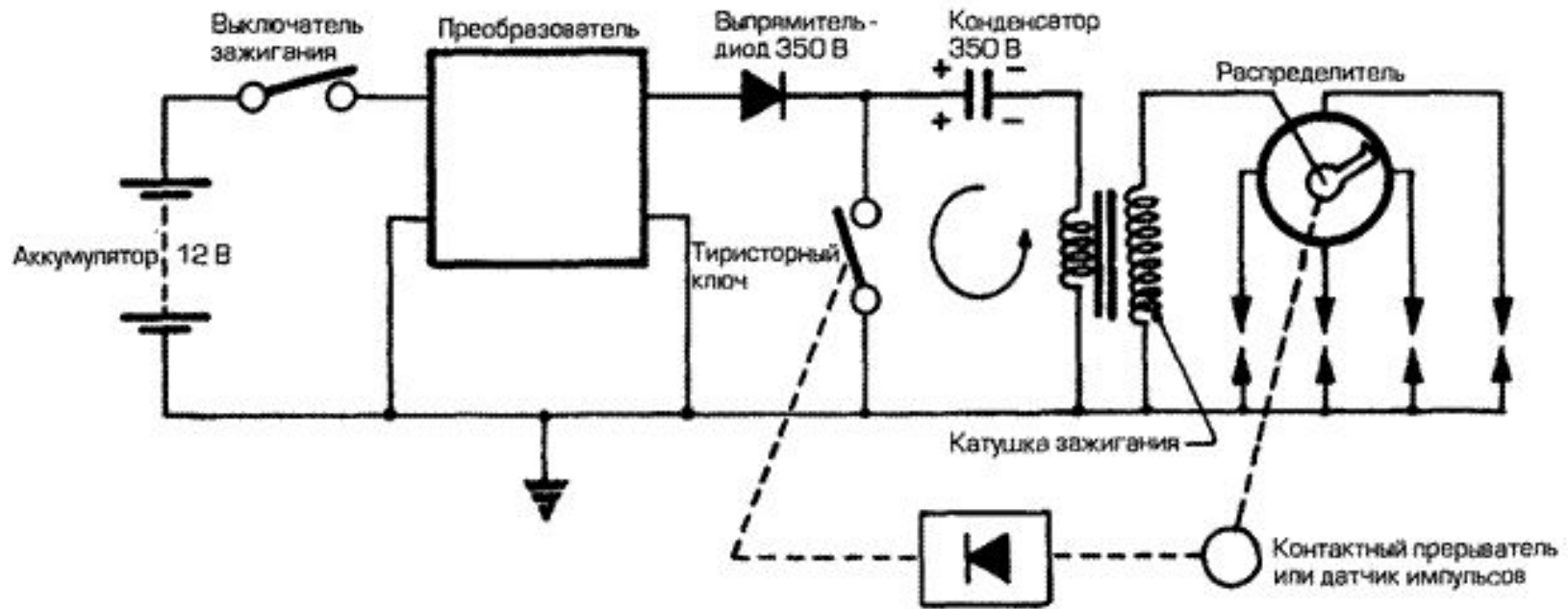
Конденсаторное зажигание

- Быстрый заряд имеет следующие достоинства:
- а) Утечка тока не стороне высокого напряжения перестает иметь значение, поскольку разряд происходит быстрее, чем сколько-нибудь значительная часть заряда успеет стечь. Таким образом, грязь, отложения сажи, сырость и пр. практически не мешают системе нормально работать.
- б) Быстрый разряд сбивает с электродов свечи любую грязь и нагар, поэтому период обслуживания свечей значительно удлинится. Практически о свече можно не думать на протяжении по крайней мере 50 000 миль пробега.

Конденсаторное зажигание

- Длительность разряда составляет от 100 до 300 микросекунд. Столь короткий разряд снижает надежность поджигания рабочей смеси. В качестве частичной компенсации этого недостатка высокое напряжение на электродах свечи позволяет увеличить свечной зазор, т.е. увеличить длину искры.
- Тем не менее, конденсаторные системы зажигания не находят широкого применения на автомобилях.
- В ряде случаев она используется на двигателях большой мощности, например Porsche, а также на автомобилях специального назначения.

Конденсаторное зажигание



Выпрямитель с преобразователем импульсов

Рис. 6.54. Конденсаторная система зажигания с преобразователем напряжения

Конденсаторное зажигание

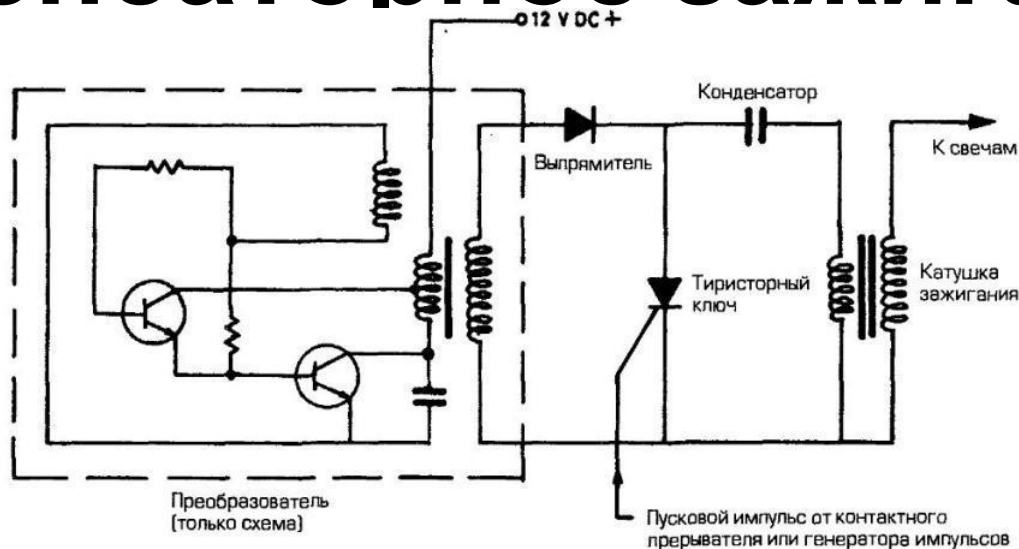


Рис. 6.55. Схема преобразователя напряжения

•Из рис. 6.52 видно, что для заряда конденсатора необходим источник напряжения 350 В. Для получения такого напряжения используется электронный преобразователь напряжения. Он преобразует постоянное напряжение бортовой сети 12 В в переменное и затем повышает его до нужного значения с помощью трансформатора, являющегося частью преобразователя. Затем переменное выходное напряжение проходит через выпрямитель и подается на заряд конденсатора (см. рис. 6.54]. Преобразователь включает в себя два операционных усилителя, которые соединяют выход преобразователя с его входом, образуя обратную связь. Такая схема позволяет получить на выходе преобразователя переменное напряжение синусоидальной формы. Включенный в схему трансформатор с тремя обмотками повышает выходное напряжение до уровня, требуемого для заряда конденсатора. Конденсатор заряжается постоянным током через диод (см. рис. 6.55).

Конденсаторное зажигание

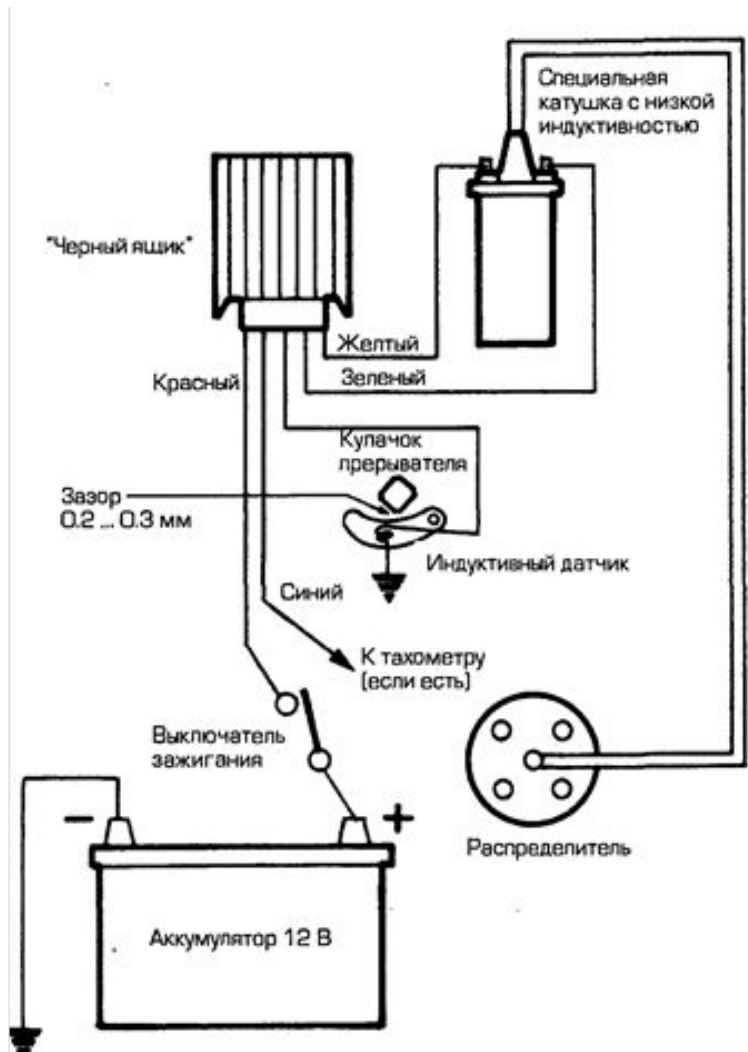


Рис. 6.56. Конденсаторная система зажигания Mobelec

Конденсаторная система зажигания Mobelec

Система представляет собой полный набор блоков и переходников, предназначенных для работы с элементами установленной на автомобиле батарейно-катушечной системы зажигания. Спусковое устройство системы устанавливается в серийный корпус распределителя Lucas для 4- и 6-цилиндровых двигателей взамен контактного прерывателя.

Общий вид набора показан на рис. 6.56. На нем видно спусковое устройство, представляющее собой индуктивный датчик, элементом которого является кулачок прерывателя. Между кулачком и головкой датчика должен быть небольшой зазор, но не должно быть механического контакта.

Для обеспечения быстрого разряда конденсаторе через первичную обмотку катушки в комплект включена специальная катушка зажигания с низкой индуктивностью, но с большим коэффициентом трансформации от первичной обмотки к вторичной. Эта катушка должна быть установлена на автомобиль взамен серийной

Конденсаторное зажигание

- **Бесконтактные системы зажигания**

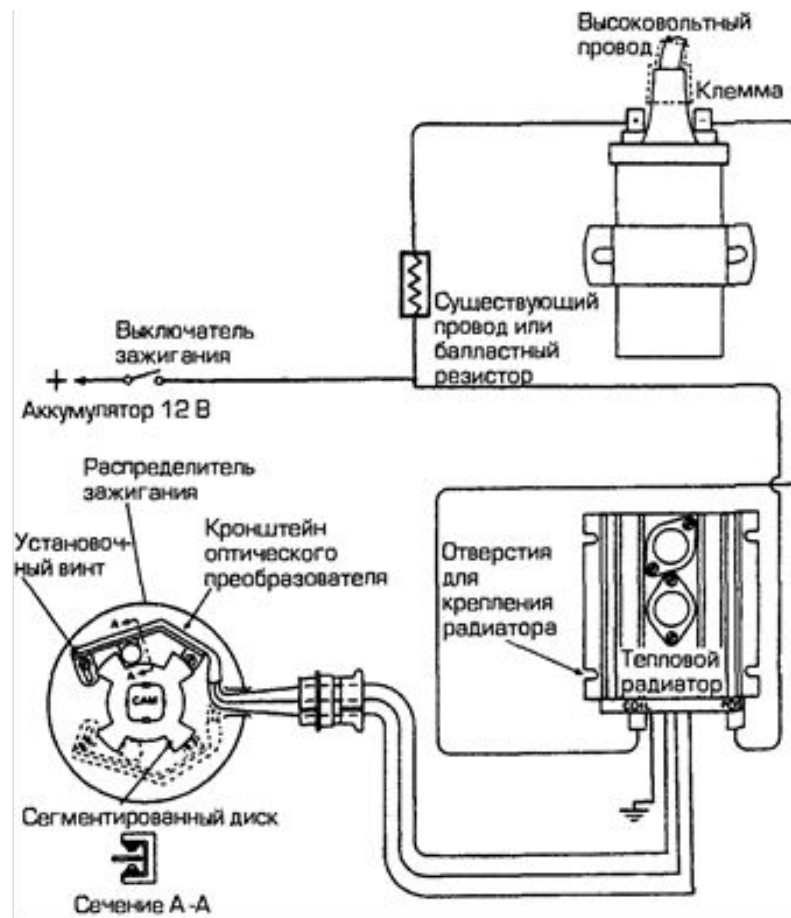
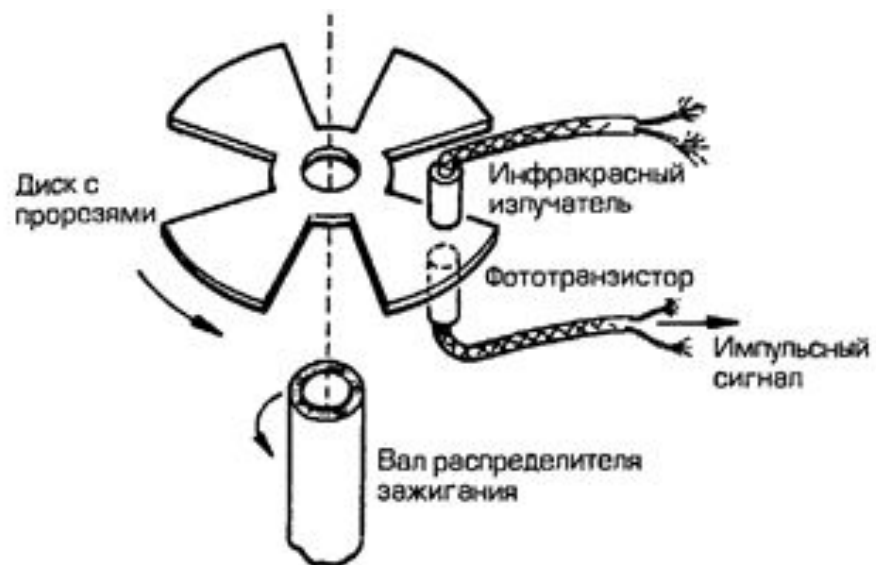


Рис. 6.60. Система зажигания с оптическим генератором

Конденсаторное зажигание



- Для подачи сигнала на вспышку в нужный момент необходим какой-либо датчик. Контактный прерыватель является частным случаем такого датчика, однако датчик может быть и бесконтактным. Бесконтактный датчик имеет следующие преимущества перед контактными:
 - а) Уменьшение износа, люфтов и биений
 - б) Как следствие повышение точности
 - в) Опережением можно управлять с помощью электронных устройств, имеющих более высокую точность и широкие возможности по сравнению с механическими регуляторами

Конденсаторное зажигание

- В течение промежутка времени, пока фототранзистор освещен, через первичную обмотку катушки идет ток. Когда диск перекрывает луч, датчик посылает в блок управления импульс, который прерывает ток в катушке и таким образом генерирует искру.
- Источником инфракрасного излучения служит полупроводниковый диод из арсенида галлия.
- Существует несколько разновидностей такого рода устройств: запуск искры может происходить при открытии или, наоборот, закрытии светового источника, в качестве источника света может использоваться обычный светодиод.

Конденсаторное зажигание

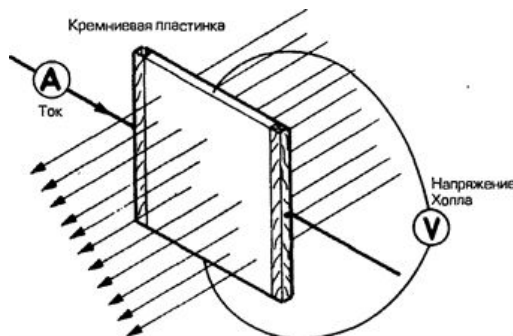
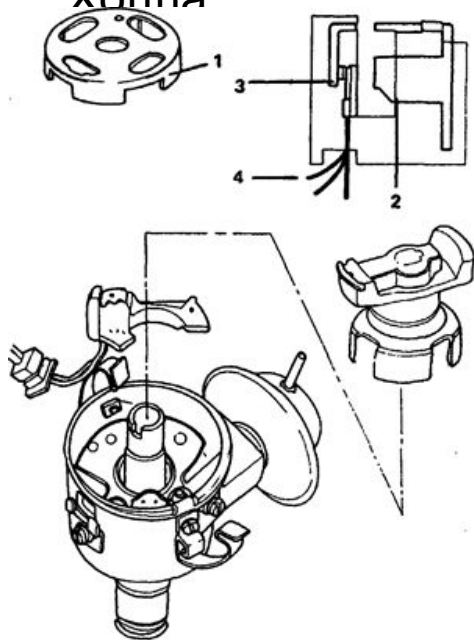


Рис. 6.63. Эффект Холла

- *Генератор Холле*
- Устройство содержит пластинку кремния, к двум боковым граням которой приложено небольшое напряжение. Если пластинку поместить в магнитное поле, то на двух других гранях пластинки также появится напряжение (см. рис. 6.63). В этом состоит эффект Холла.
- Изменение магнитного поля вызовет изменение напряжения Холла, которое можно использовать для управления разрядом свечи. На рис. 6.64 показано устройство генератора импульсов, основанного не эффекте Холла. Магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом, может прерываться лопастями обтюратора, вращающегося на валу распределителя зажигания.



1. Обтюратор с лопастями 2. Постоянный магнит 3. Чувствительный элемент 4. Провода датчика

Рис. 6.64. Конструкция генератора Холла