

ВИДЫ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ УСТРОЙСТВО И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Система зажигания двигателя предназначена для генерации импульсов высокого напряжения, вызывающих вспышку рабочей смеси в камере сгорания двигателя, синхронизации этих импульсов с требуемой фазой двигателя и распределения импульсов зажигания по цилиндрам двигателя. От энергии искры в момент зажигания рабочей смеси в значительной степени зависят экономичность и устойчивость работы двигателя, а также токсичность отработавших газов.

Основными требованиями к системе зажигания являются :

- Обеспечение искры в нужном цилиндре (находящемся в такте сжатия) в соответствии с порядком работы цилиндров.*
- Своевременность момента зажигания. Искра должна происходить в определённый момент (момент зажигания) в соответствии с оптимальным при текущих условиях работы двигателя углом опережения зажигания, который зависит, прежде всего, от оборотов двигателя и нагрузки на двигатель.*
- Достаточная энергия искры. Количество энергии, необходимой для надёжного воспламенения рабочей смеси, зависит от состава, плотности и температуры рабочей смеси.*
- Общим требованием для системы зажигания является её надёжность (обеспечение непрерывности искрообразования).*

Разряд в искровом промежутке вызывается импульсом напряжения, величина которого зависит от температуры и давления в камере сгорания, конфигурации и размеров искрового промежутка. Величина импульса должна обеспечиваться системой зажигания с определенным запасом, с учётом износа электродов свечи в эксплуатации. Обычно коэффициент

запаса составляет 1,5 - 1,8 , а величина импульса напряжения лежит в пределах 20 - 30 кВ.

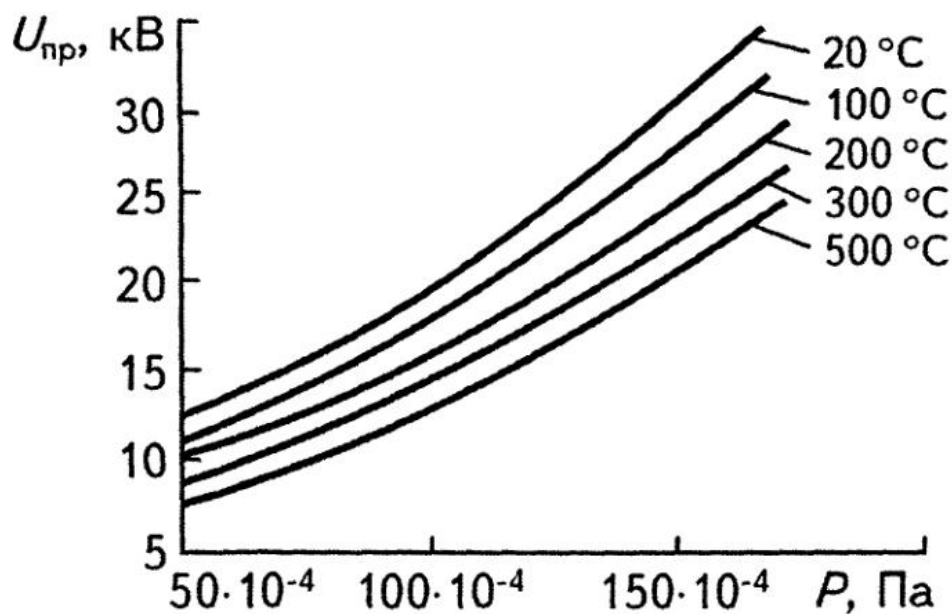


Рис. 1 Влияние давления и температуры на пробивное напряжение

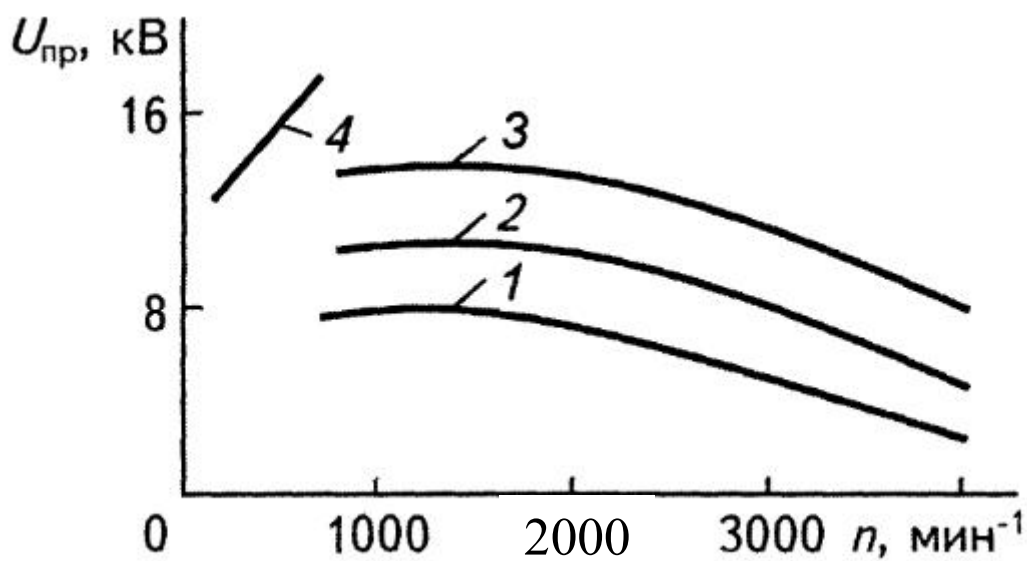


Рис. 2 Зависимость пробивного напряжения от частоты вращения коленчатого вала:

- 1 - при полной нагрузке;
- 2 - при половинной нагрузке;
- 3 - при малой нагрузке;
- 4 - при пуске и холостом ходе

Процесс сгорания рабочей смеси разделяется на три фазы: начальную, когда формируется пламя, возникающее от искрового разряда в свече, основную, когда пламя распространяется на большей части камеры сгорания, и конечную, когда пламя догорает у стенок камеры. Этот процесс требует определённого времени. Наиболее полное сгорание рабочей смеси достигается своевременной подачей сигнала на воспламенение, т.е. установкой оптимального угла опережения зажигания в зависимости от режима работы двигателя.

Угол опережения зажигания определяется по углу поворота коленчатого вала двигателя от момента возникновения искры до момента достижения поршнем верхней мёртвой точки.

Если угол опережения зажигания больше оптимального, то зажигание раннее. Давление в камере сгорания при этом достигает максимума до достижения поршнем верхней мёртвой точки и оказывает противодействующее воздействие на поршень. Раннее зажигание может явиться причиной возникновения детонации. Если угол опережения зажигания меньше оптимального, зажигание позднее, в этом случае двигатель перегревается.

Неисправность системы зажигания вызывает неполадки как при запуске, так и при работе двигателя :

- трудность или невозможность запуска двигателя ;
- неравномерность работы двигателя – “троение” или прекращение работы двигателя при пропусках искрообразования в одном или нескольких цилиндрах ;
- детонация, связанная с неверным моментом зажигания и вызывающая быстрый износ двигателя ;
- нарушение работы других электронных систем за счёт высокого уровня электромагнитных помех и пр.

Общее строение и устройство зажигания

Любая система зажигания чётко делится на две части:

- низковольтную цепь – включает первичную обмотку катушки зажигания и непосредственно связанные с ней цепи (прерывателя, коммутатора и других компонентов в зависимости от устройства конкретной системы).
- высоковольтную цепь – включает вторичную обмотку катушки зажигания, систему распределения высоковольтной энергии, высоковольтные провода, свечи.

Работа системы зажигания основана на следующем принципе: при подаче в сеть низковольтного напряжения, происходит накопление и преобразование энергии, что затем распределяется по свечам, на электродах которых формируется искра, провоцирующая воспламенение топливовоздушной смеси.

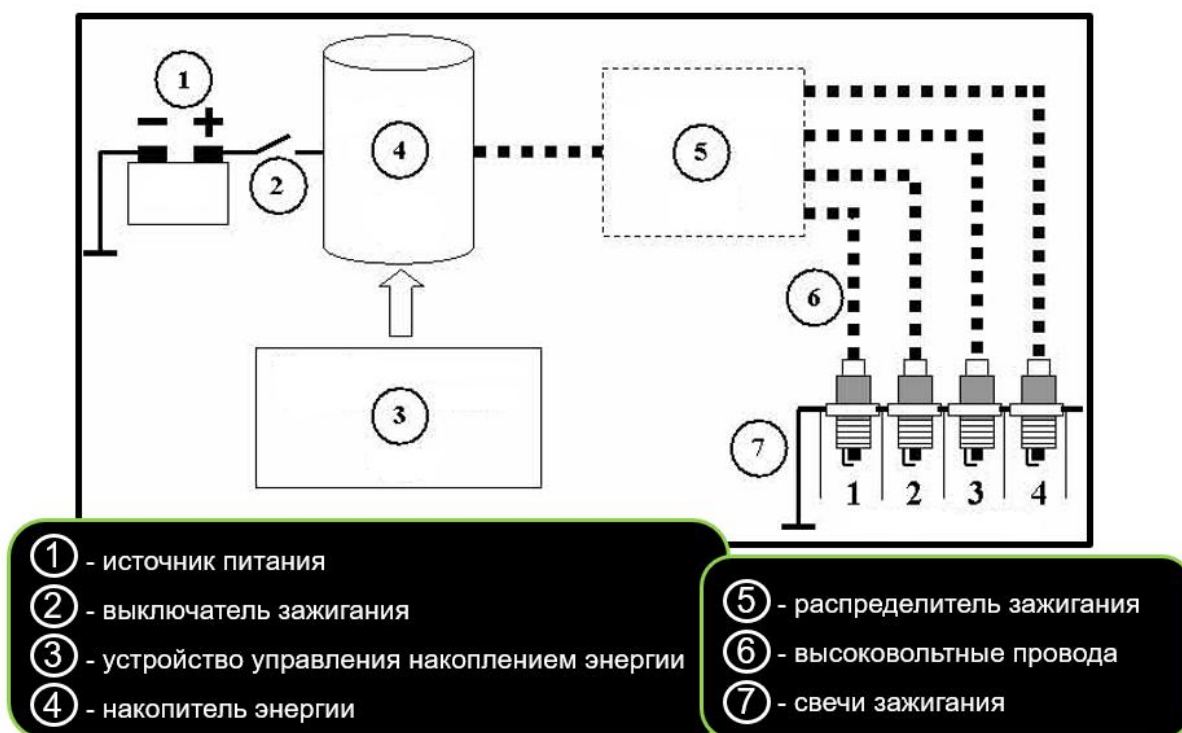


Рис. 3 Общее строение и устройство зажигания

устанавливаются в головке цилиндра. Когда импульс тока высокого напряжения попадает на свечу зажигания, между её электродами проскакивает искра – именно она воспламеняет рабочую смесь.

Системы зажигания можно разделить на 3 группы :

- 1) *Контактные системы зажигания ;*
- 2) *Бесконтактные системы зажигания ;*
- 3) *Электронная система зажигания.*

Контактная система зажигания - включает в себя механический прерыватель и создание высокого напряжения и распределение его по цилиндрам в данной системе происходит с помощью контактов. В контактной системе зажигания управление накоплением и распределение электрической энергии по цилиндрам осуществляется механическим устройством — прерывателем-распределителем.

Дальнейшим развитием контактной системы зажигания является контактная транзисторная система зажигания, в первичной цепи катушки зажигания которой применён транзисторный коммутатор.

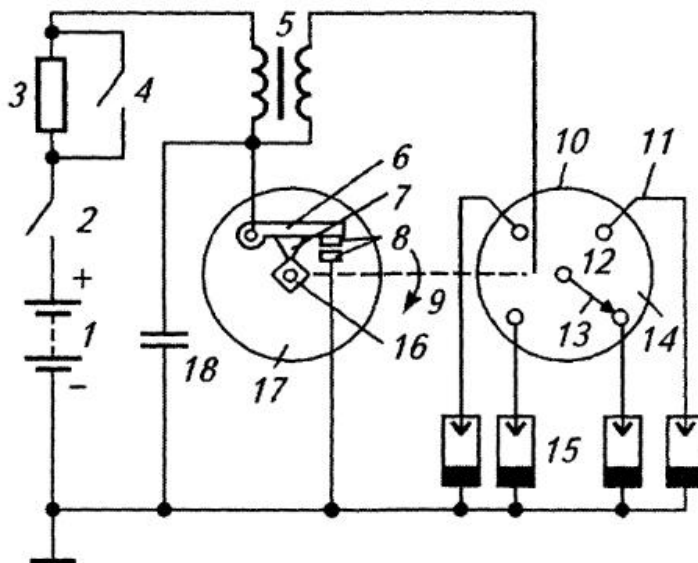


Рис. 4 Классическая система зажигания

Контактная система зажигания - это наиболее старая из существующих систем – фактически она является ровесницей самого автомобиля. За границей такие системы прекратили серийно устанавливать в основном к концу 1980-х годов, у нас такие системы на “классику” устанавливаются до сих пор.

Главным достоинством этой системы является её простота, обеспечиваемая двойной функцией механизма распределителя: прерывание цепи постоянного тока для генерирования высокого напряжения и синхронное распределение высокого напряжения по цилиндрам двигателя.

Принципиальная схема классической системы зажигания состоит из следующих элементов (рис 4):

- источника тока - аккумуляторной батареи 7; катушки зажигания (индукционной катушки) 5, которая преобразует токи низкого напряжения в токи высокого напряжения. Между первичной и вторичной обмотками существует автотрансформаторная связь;
- прерывателя 17, содержащего рычажок 6 с подушечкой 7 из текстолита, поворачивающийся около оси, контакты прерывателя 8, кулачок, имеющий число граней, равное числу цилиндров. Неподвижный контакт прерывателя присоединён к «массе»; подвижный контакт укреплен на конце рычажка. Если подушечка не касается кулачка, контакты замкнуты под действием пружины. Когда подушечка находит на грань кулачка, контакты размыкаются. Прерыватель управляет размыканием и замыканием контактов и моментом подачи искры;
- конденсатора первичной цепи 18, подключенного параллельно контактам 8, который является составным элементом колебательного контура в первичной цепи после размыкания контактов;
- распределителя 14, включающего в себя бегунок 12, крышку 10, на которой расположены неподвижные боковые электроды 11 (число которых равно числу цилиндров двигателя) и неподвижный центральный электрод, который подключается через высоковольтный провод к катушке зажигания. Боковые

электроды через высоковольтные провода соединяются с соответствующими свечами зажигания. Высокое напряжение к бегунку 12 подаётся через центральный электрод с помощью скользящего угольного контакта. На бегунке имеется электрод 13, который отделен воздушным зазором от боковых электродов 11. Бегунок 7 распределителя и кулачок 16 прерывателя находятся на одном валу, который приводится во вращение зубчатой передачей от распределительного вала двигателя с частотой, вдвое меньшей частоты вращения коленчатого вала. Прерыватель и распределитель расположены в одном аппарате, называемом распределителем зажигания;

- свечей зажигания 15, число которых равно числу цилиндров двигателя;
- выключателя зажигания 2;
- добавочного резистора 3 ($R_{доб}$), который уменьшает тепловые потери в катушке зажигания, даёт возможность усилить зажигание. (При пуске двигателя $R_{доб}$ шунтируется выключателем 4 одновременно с включением стартера.) Добавочный резистор изготавливают из нихрома или константана и наматывают на керамический изолятор.

Принцип работы классической системы батарейного зажигания состоит в следующем. При вращении кулачка 16 контакты 8 попеременно замыкаются и размыкаются. После замыкания контактов (в случае замкнутого выключателя 2 через первичную обмотку катушки зажигания 5 протекает ток, нарастая от нуля до определенного значения за данное время замкнутого состояния контактов. При малых частотах вращения валика 9 распределителя 14 ток может нарастать до установившегося значения, определённого напряжением аккумуляторной батареи и омическим сопротивлением первичной цепи (установившийся ток). Протекание первичного тока вызывает образование магнитного потока, сцепленного с витками первичной и вторичной обмоток, и накопление электромагнитной энергии.

После размыкания контактов прерывателя как в первичной, так и во вторичной обмотке индуцируется ЭДС самоиндукции. Согласно закону

индукции вторичное напряжение тем больше, чем быстрее исчезает магнитный поток, созданный током первичной обмотки, больше первичный ток в момент разрыва и больше число витков во вторичной обмотке.

В результате переходного процесса во вторичной обмотке возникает высокое напряжение, достигающее 15...20 кВ. В первичной обмотке также индуцируется ЭДС самоиндукции, достигающая 400 В, направленная в ту же сторону, что и первичный ток, и стремящаяся задержать его исчезновение. При отсутствии конденсатора 18 ЭДС самоиндукции вызывает образование между контактами прерывателя во время их размыкания сильной искры, носящей дуговой характер. При наличии конденсатора 18 новообразование уменьшается, так как ЭДС самоиндукции создаёт ток, заряжающий конденсатор. В следующий период времени конденсатор разряжается через первичную обмотку катушки и аккумуляторную батарею. Таким образом, конденсатор 18 практически устраняет дугообразование в прерывателе, обеспечивая долговечность контактов и индуцирование во вторичной обмотке достаточно высокой ЭДС.

Вторичное напряжение подводится к бегунку распределителя, а затем через электроды в крышке и высоковольтные провода поступает к свечам соответствующих цилиндров. На рис. 5 приведены характеристики электрических сигналов в первичной и вторичной цепях системы зажигания.

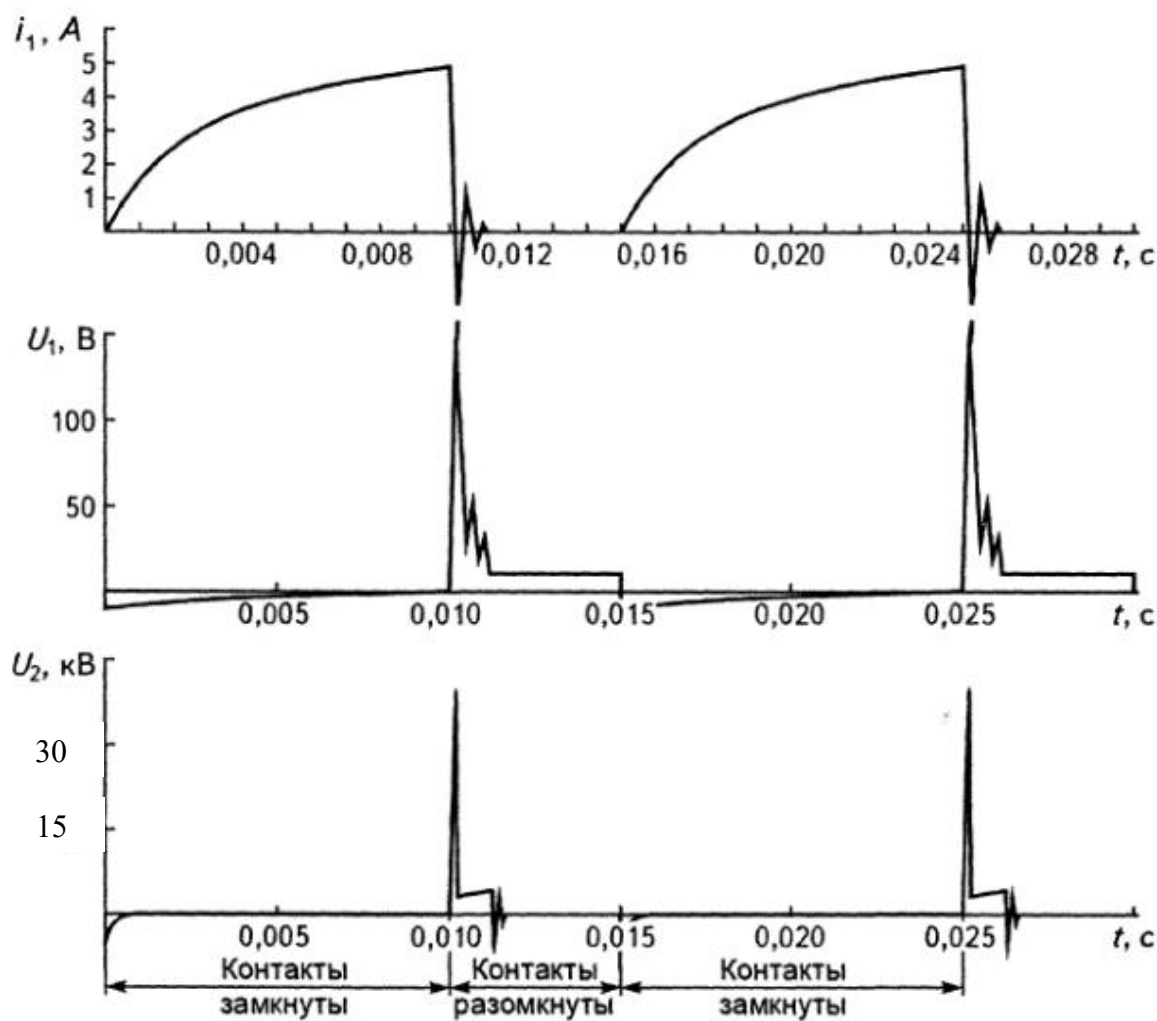


Рис. 5 Характеристики электрических сигналов в первичной и вторичной цепях системы зажигания:

- 1 - первичный ток;
- 2 - импульс первичного напряжения;
- 3 - импульс вторичного напряжения

Также в этой системе присутствуют механизмы корректировки опережения зажигания – центробежный и вакуумный регуляторы. Центробежный регулятор опережения зажигания предназначен для изменения момента возникновения искры между электродами свечей зажигания, в зависимости от скорости вращения коленчатого вала двигателя.

Механический прерыватель с транзисторным коммутатором. В этом случае механический прерыватель управляет только транзисторным коммутатором, который, в свою очередь, управляет накопителем энергии. Такая конструкция имеет существенное преимущество перед прерывателем без транзисторного коммутатора – оно заключается в том, что здесь контактный прерыватель обладает большей надёжностью за счёт того, что в этой системе через него протекает существенно меньший ток (соответственно практически исключается пригорание контактов прерывателя во время размыкания). Соответственно и конденсатор, подключенный параллельно контактам прерывателя стал не нужным. В остальном система полностью аналогична классической системе. Обе описанные системы зажигания с механическим прерывателем имеют общее название – контактные системы зажигания.

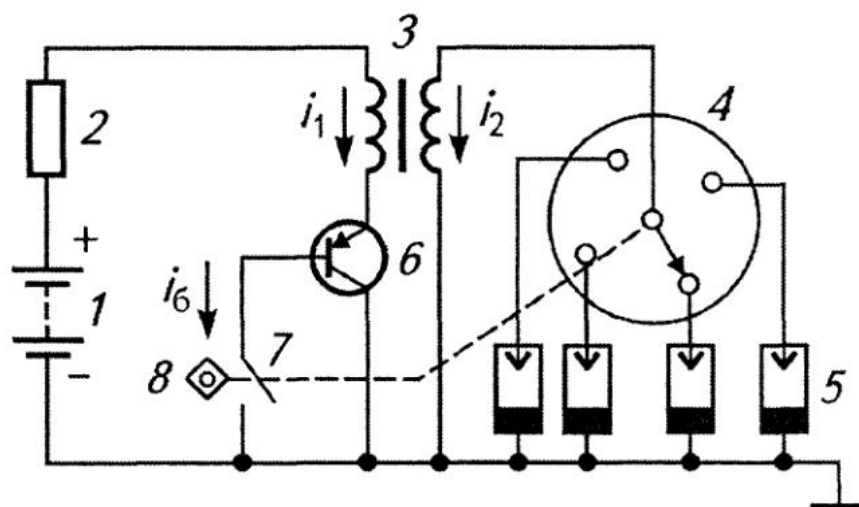


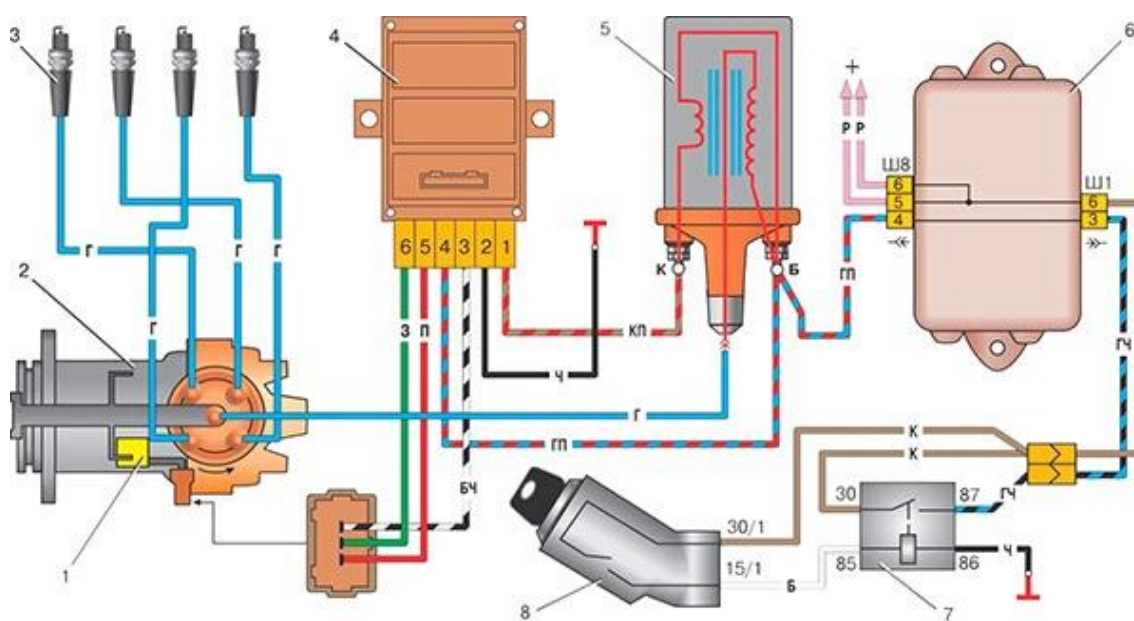
Рис. 6 Управление первичной обмоткой катушки зажигания в системе с механическим прерывателем и транзисторным коммутатором (Контактно-транзисторная система зажигания)

- 1 - аккумуляторная батарея;
- 2- добавочное сопротивление;
- 3 - катушка зажигания;
- 4 - распределитель зажигания;
- 5 - свечи;
- 6 - транзистор;
- 7- контакты прерывателя;
- 8 -кулачок

Бесконтактная система зажигания - включает бесконтактный датчик, который заменил собой контактный прерыватель. Применение бесконтактной системы зажигания позволяет повысить мощность двигателя, снизить расход топлива и выбросы вредных веществ за счёт более высокого напряжения разряда (30 000 В) и соответственно более качественного сгорания топливно-воздушной смеси.

В отличие от контактной в бесконтактной системе зажигания для управления накоплением энергии используется транзисторный коммутатор, взаимодействующий с бесконтактным датчиком импульсов. Транзисторный коммутатор в данной системе выполняет роль прерывателя. Распределение тока высокого напряжения осуществляется механическим распределителем.

Транзисторный коммутатор с бесконтактным датчиком – генератором импульсов (индуктивного типа, типа Холла или оптического типа) и преобразователем его сигналов. В этом случае вместо механического прерывателя используется датчик – генератор импульсов с преобразователем сигналов, который управляет только транзисторным коммутатором, который, в свою очередь, управляет накопителем энергии.



1. Бесконтактный датчик; 2. Датчик-распределитель; 3. Свечи зажигания; 4. Коммутатор; 5. Катушка зажигания; 6. Монтажный блок; 7. Реле зажигания; 8. Выключатель зажигания.

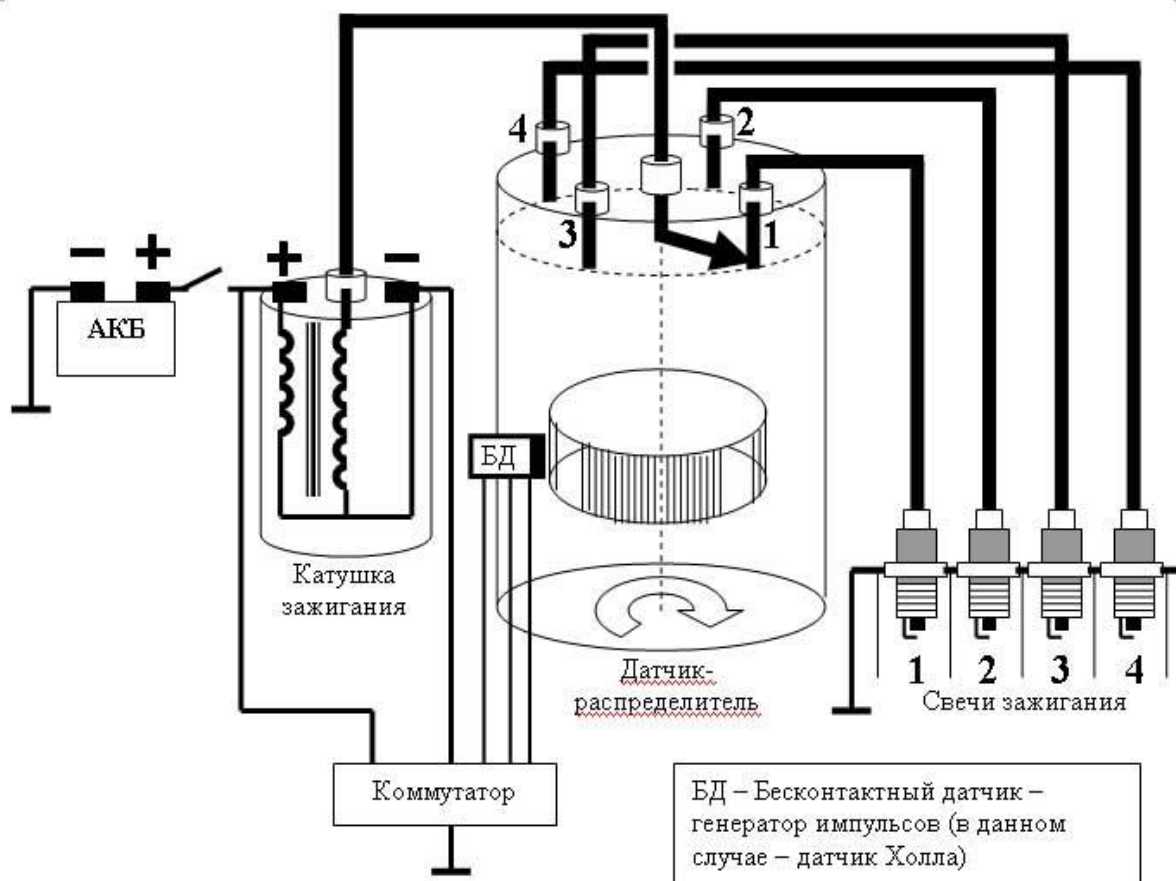


Рис. 7 Бесконтактная система зажигания

В системах зажигания с транзисторным коммутатором используются датчики трёх типов :

Датчик Холла (такая модификация системы называется TI-h) содержит пластинку, к двум боковым граням которой приложено небольшое напряжение. Если пластинку поместить в магнитное поле, то на двух других гранях пластинки также появится напряжение В этом состоит эффект Холла. Изменение магнитного поля вызовет изменение напряжения Холла, которое можно использовать для управления коммутатором. Магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом, может прерываться лопастями обтюратора, вращающегося на валу распределителя зажигания. Через пластинку пропускается ток примерно 30 мА, тогда как напряжение Холла составляет около 2 мВ, увеличиваясь с ростом температуры. Пластинка обычно составляет одно целое с интегральной схемой, осуществляющей усиление и формирование сигнала. При открытом зазоре между постоянным

магнитом и датчиком Холла пластинка выдаёт напряжение. Если зазор перекрывается лопастью обтюратора, магнитное поле замыкается через лопасть и не попадает на пластинку Холла. Напряжение при этом падает. Сигнал с граней пластинки попадает в усилитель и формирователь импульсов, после чего он может управлять коммутатором (включением и выключением катушки). Для изготовления пластинки (элементов) Холла используются германий, кремний, арсенид галлия (GaAs), арсенид индия (InAs), антимонид индия (InSb).

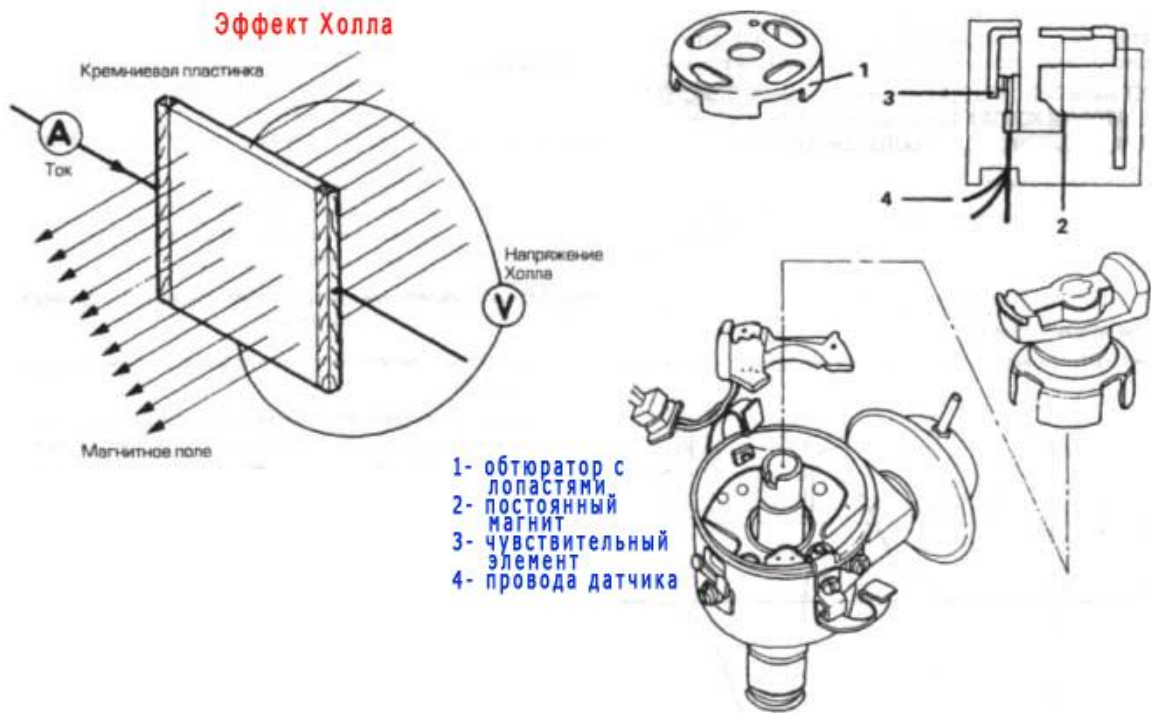


Рис. 8 Конструкция генератора Холла

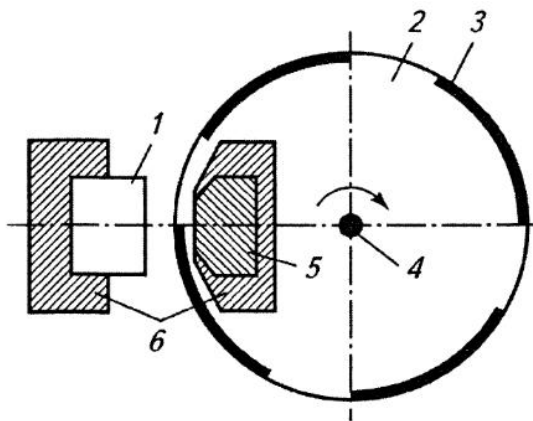


Рис. 9 Принцип размещения микропереключателя на эффекте Холла:

- 1 - магнитоуправляемая интегральная схема;
- 2 - ротор;
- 3- экран;
- 4 - валик распределителя;
- 5-магнит;
- 6-корпус микропереключателя

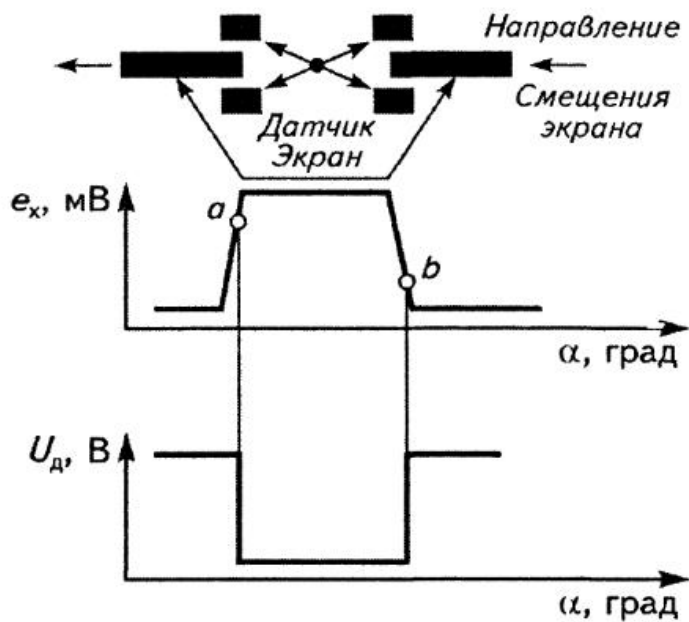


Рис. 10

Зависимость напряжения чувствительного элемента Холла e_x и напряжения на выходе датчика Холла U_d от угла поворота ротора α

Индуктивный и магнитоэлектрический датчики (такая модификация системы называется ПИ-і)

Наиболее распространенным типом магнитоэлектрического датчика является генераторный датчик коммутаторного типа с пульсирующим потоком. Принцип действия такого датчика заключается в изменении магнитного сопротивления магнитной цепи, содержащей магнит и обмотку, при изменении зазора с помощью распределителя потока (коммутатора). На рис. 11 показана принципиальная схема магнитоэлектрического датчика коммутаторного типа. При вращении зубчатого ротора в обмотке статора в соответствии с законом индукции возникает переменное напряжение где k - коэффициент, зависящий от характеристик магнитной цепи; w - число витков обмотки; n - частота вращения распределителя потока; $d\Phi/da$ - изменение потока Φ в зависимости от угла поворота.

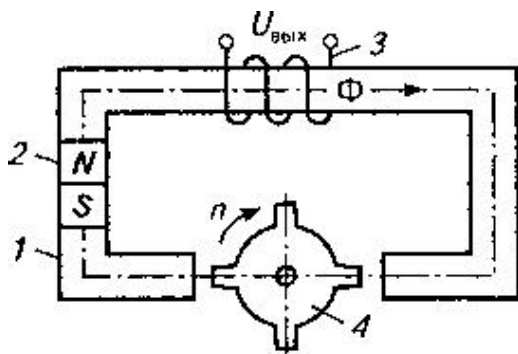


Рис. 11 Принципиальная схема коммутаторного датчика:

- 1 - магнитная цепь (статор);
- 2 - магнит;
- 3 - обмотка;
- 4 - распределитель потока (коммутатор)

Когда один из зубцов ротора 4 приближается к полюсу статора 1, в обмотке 3 нарастает напряжение. При совпадении фронта зубца ротора с полюсом статора (со средней линией обмотки) напряжение на обмотке достигает максимума, затем быстро меняет знак и увеличивается в противоположном направлении до максимума (рис. 12) при удалении зубца.

$$U_{\text{вых}} = kwn \frac{d\Phi}{d\alpha},$$

k - коэффициент, зависящий от характеристик магнитной цепи;

w - число витков обмотки;

n - частота вращения распределителя потока;

$d\Phi/da$ - изменение потока Φ в зависимости от угла поворота.

Из формулы видно, что пиковое значение $U_{\text{вых}}$ линейно изменяется с частотой вращения распределителя потока. На рис. 12 показан характер изменения сигнала $U_{\text{вых}}$ по углу поворота коленчатого вала при разной частоте вращения n распределителя потока. Нетрудно видеть, что напряжение очень быстро изменяется от положительного максимума до отрицательного, поэтому нулевой переход (точка O) между двумя максимумами может быть использован для управления системой зажигания при получении точного момента искрообразования. Однако точку перехода через ноль сложно детектировать с помощью электроники, так как схема будет чувствительна к сигналам помехи, т. е. не будет удовлетворять требованиям помехозащищенности. Поэтому для получения момента искрообразования используют точки a и b , которые выбираются на допустимых низких уровнях. При этом обеспечивается нечувствительность схемы детектирования к помехам и надёжное срабатывание схемы в период пуска двигателя.

Распределитель потока, или зубчатый ротор, устанавливается на распределительный валик распределителя зажигания и изготавливается из мягкой стали. Число зубцов зависит от числа цилиндров двигателя. Необходимое поле создаёт постоянный магнит.

Рассмотренная магнитная система генераторного датчика чувствительна к влиянию изменений зазора, происходящих из-за конструктивных допусков, вибраций, передаваемых от двигателя деталям, входящим в состав магнитной цепи, что приводит к недопустимому асинхронизму момента искрообразования по цилиндрам двигателя. Поэтому на практике применяется симметричная магнитная система, которая обеспечивает для каждого положения распределителя потока средний зазор, являющийся суммой элементарных зазоров.

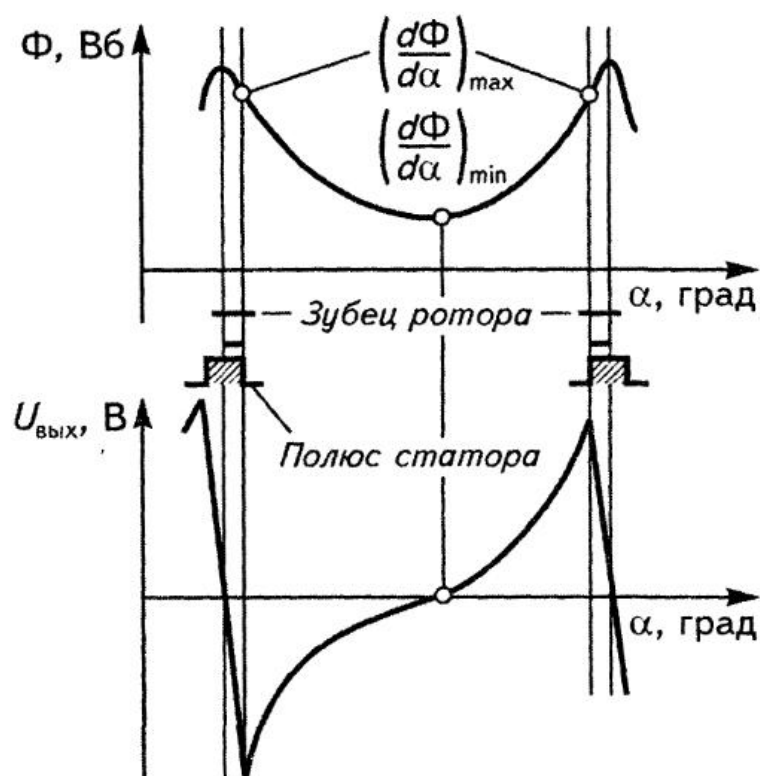


Рис. 12 Магнитный поток Φ и напряжение обмотки $U_{\text{вых}}$ в зависимости от угла поворота α распределителя потока

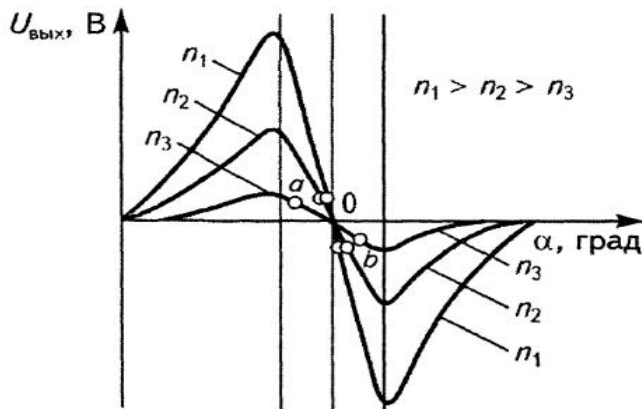


Рис. 13 Характер изменения сигнала датчика по углу поворота коленчатого вала двигателя при различной частоте вращения n распределителя потока

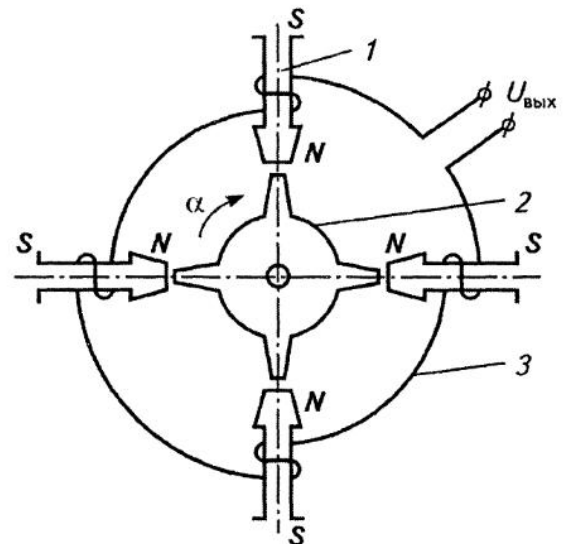


Рис.14 Принципиальная схема генераторного датчика коммутаторного типа:
 1- магнитная цепь (статор с постоянным магнитом);
 2- распределитель потока;
 3- обмотка

Принципиальная схема генераторного датчика коммутаторного типа с симметричной магнитной системой для четырехцилиндрового двигателя представлена на рис. 14 он включает в себя постоянный электромагнит с обмоткой и зубчатый диск. При вращении диска магнитное поле замыкается либо через зуб, либо через впадину. Магнитный поток, проходящий через обмотку, то увеличивается, то уменьшается, в результате чего в обмотке индуцируется ЭДС переменного знака. Сигналы датчика проходят через формирователь импульсов и далее поступают в коммутатор для управления первичной обмоткой катушки зажигания. При увеличении скорости возрастёт частота импульсов, а также само выходное напряжение датчика – с долей вольта до сотни вольт.

Разработка постоянных магнитов, выполненных на основе новых магнитных материалов, таких как магнитоэласты, магниторезина, позволила резко снизить стоимость и массу датчика, увеличить его надёжность.

Другим типом магнитоэлектрических датчиков, нашедших применение в автомобильных системах зажигания, является датчик с переменным потоком.

Он состоит из неподвижной катушки и постоянного магнита, жёстко связанного с валом распределителя зажигания, причём число пар полюсов в магните равно числу цилиндров двигателя. Такие магнитные системы называются датчиками с вращающимися магнитами (рис. 15). Работа датчика характеризуется знакопеременным магнитным потоком и симметричной формой выходного напряжения (рис. 16). Сигнал датчика с вращающимся магнитом требует более тщательной обработки в цепи детектирования с целью компенсации электрического смещения момента искрообразования в зоне низких частот вращения распределительного валика.

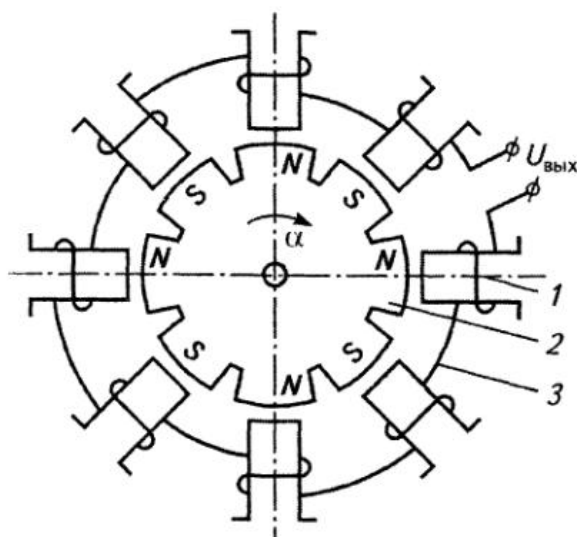


Рис. 15
Принципиальная схема магнитоэлектрического датчика с вращающимся магнитом для четырехцилиндрового двигателя: 1 - статор; 2 - магнит; 3 - обмотка

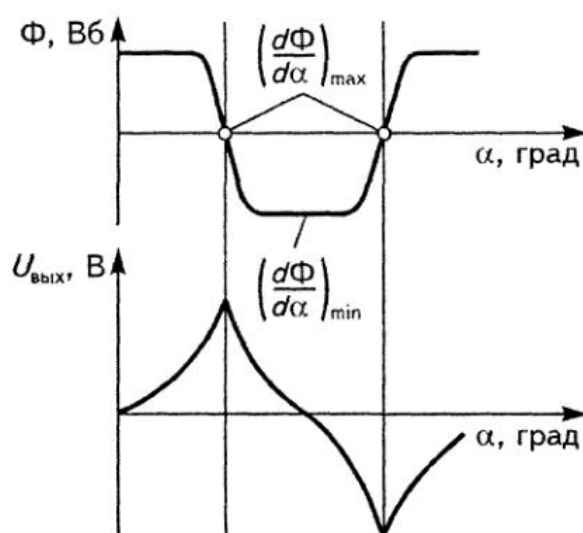


Рис. 16
Магнитный поток Φ и напряжение обмотки $U_{\text{вых}}$ в зависимости от угла поворота магнитного ротора

Оптический датчик (такая модификация системы называется TI-o) – представляет из себя сегментированный диск, закрепленный на валу распределителя, который перекрывает инфракрасный луч, направленный на фототранзистор. В течение промежутка времени, пока фототранзистор освещён, через первичную обмотку катушки идёт ток. Когда диск перекрывает луч, датчик посылает в коммутатор импульс, который прерывает ток в катушке и таким образом генерирует искру. Существует несколько разновидностей такого рода устройств: запуск искры может происходить как при открытии так и наоборот, при закрытии светового источника.

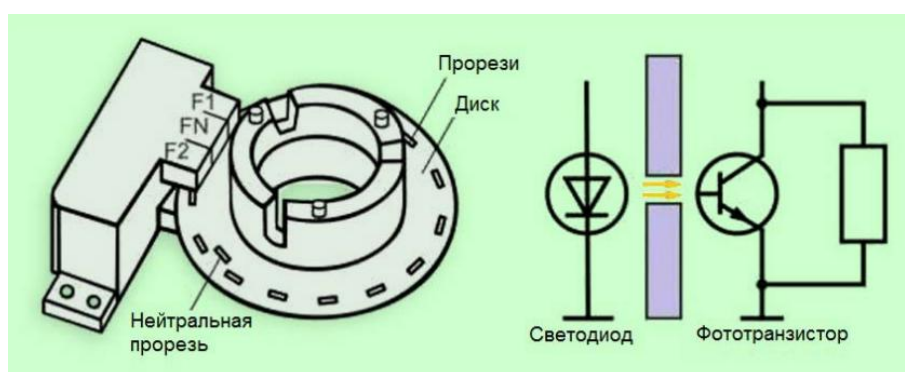


Рис. 17 Устройство оптического датчика

Недостатки классической системы зажигания

Классическая система зажигания обладает рядом достоинств, к которым следует отнести простоту конструкции и невысокую стоимость аппаратов зажигания, возможность регулирования угла опережения зажигания в широких пределах без изменения вторичного напряжения. Вместе с тем классическая система зажигания имеет ряд принципиальных недостатков, связанных с работой механического прерывателя и механических автоматов опережения:

- недостаточное вторичное напряжение на высоких и низких частотах вращения коленчатого вала двигателя и, как следствие, малый коэффициент

запаса по вторичному напряжению, особенно для многоцилиндровых и высокооборотных двигателей, а также при экранировке высоковольтных проводов;

- недостаточная энергия искрового разряда из-за ограничения уровня запасённой энергии в первичной цепи;

- чрезмерный нагрев катушки зажигания в зоне низких частот вращения коленчатого вала двигателя и особенно при остановившемся двигателе, если замок зажигания включён и контакты прерывателя замкнуты;

- нарушение рабочего зазора в контактах в процессе эксплуатации и, как следствие, необходимость зачистки контактов, т. е. систематический уход во время эксплуатации;

- низкий срок службы контактов прерывателя;

- повышенный асинхронизм момента искрообразования по цилиндрам двигателя при эксплуатации вследствие износа механизмов прерывателя и центробежного и вакуумного регуляторов;

- высокая погрешность момента искрообразования вследствие разброса характеристик механических автоматов опережения в процессе эксплуатации.

Перечисленные недостатки классической системы зажигания приводят в итоге к ухудшению процесса сгорания рабочей смеси, а следовательно, к потере мощности двигателя и увеличению эмиссии отработавших газов.

Электронная система зажигания (микропроцессорная система зажигания) - система, в которой создание и распределение тока высокого напряжения по цилиндрам двигателя осуществляется с помощью электронных устройств. Электронная система зажигания не имеет механических контактов.

В электронной системе зажигания используется электронный блок управления, с помощью которого производится управление процессом

накопления и распределения электрической энергии. В ранних конструкциях электронной системы зажигания электронный блок одновременно управлял системой зажигания и системой впрыска топлива (т.н. объединённая система впрыска и зажигания). В настоящее время управление зажиганием включено в систему управления двигателем.

Микропроцессорный блок управления зажиганием (контроллер или блок управления двигателем с подсистемой управления зажиганием) – с датчиками и коммутатором. Системы зажигания, в которых применяется такой вариант управления зажиганием имеют общее название микропроцессорные системы зажигания. В этом случае блок управления получает информацию о работе двигателя (обороты, положение коленчатого вала, положение распределительного вала, нагрузка на двигатель, температура охлаждающей жидкости и пр.) от датчиков и по результатам алгоритмической обработки этих данных управляет коммутатором, который, в свою очередь, управляет накопителем энергии. Регулировка опережения зажигания реализована программно в блоке управления. Коммутаторы в микропроцессорных системах зажигания также называются “воспламенитель” (igniter).



Рис. 18 Электронная (микропроцессорная) система зажигания

Микропроцессорная система зажигания – Электронный блок управления (ЭБУ, ECU, PCM) – именно он выполняет в системе главную роль. Его работа состоит в сборе информации от датчиков (для управления зажиганием основными датчиками являются датчик положения коленчатого вала, датчик положения распределительного вала, датчик детонации, датчик угла открытия дроссельной заслонки), расчёте оптимального момента зажигания и времени зарядки катушки и конкретно управление через коммутатор первичной цепью катушки. На современных автомобилях блок управления системой зажигания объединён с блоком управления впрыском топлива.

Контроллер представляет собой электронное устройство, предназначенное для управления углом опережения зажигания в функции ряда параметров двигателя. Он также обеспечивает управление электроклапаном экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ) и в ряде случаев принимает на себя функцию регулирования накопления энергии катушке зажигания. В состав электронной системы зажигания контроллер может входить как автономный конструктивно законченный узел либо как интегрированный с транзисторным коммутатором электронный блок.

Рассмотрим основные принципы электронного регулирования момента зажигания. Из всего многообразия систем зажигания с регулируемым углом опережения зажигания можно выделить два основных направления их реализации: системы с аппаратным и программным принципами построения.

Алгоритм работы регуляторов угла опережения с аппаратной реализацией («жёсткой» логикой) определяется логическими связями между её элементами. При видоизменении характеристик угла опережения зажигания необходимо изменить эти связи, что вызывает определённые неудобства как на этапе проектирования таких устройств, так и при промышленном производстве, когда возможны модификации двигателей, требующие различных характеристик. Отсутствие гибкости, т. е.

приспосабливаемости таких устройств к различным характеристикам, является их основным принципиальным недостатком.

Кроме того, такие регуляторы реально позволяют воспроизводить лишь относительно простые характеристики и не обеспечивают реализацию значительно более сложных оптимальных характеристик, имеющих целый ряд изломов, с положительными и отрицательными участками.

Значительно большими возможностями обладают системы управления углом опережения зажигания с памятью. В таких системах, как правило, программа работы определяется логическими связями между функциональными устройствами, а данные, определяющие индивидуальные особенности их характеристик, воспроизводимых системой, хранятся в ее памяти в виде комбинаций кодов чисел. Основным достоинством этого стандартного функционально законченного устройства является возможность длительного хранения большого массива информации (в том числе закодированной информации об угле опережения зажигания) и её изменения на всех этапах разработки системы без существенных дополнительных затрат. Применение памяти даёт возможность использовать цифровую систему зажигания на различных двигателях.

Структурная схема одного из вариантов системы с памятью приведена на рис. 19.

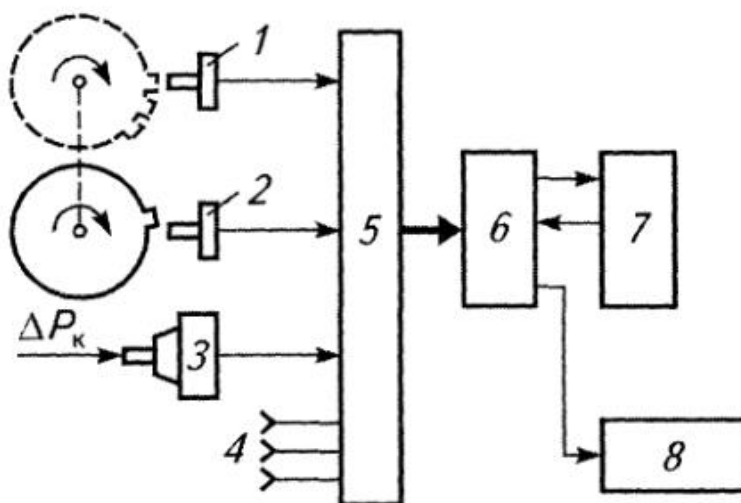


Рис. 19 Структурная схема цифровой системы зажигания с памятью

Зубчатый диск, закрепленный на коленчатом валу двигателя, имеет равномерно расположенные по всей окружности зубья. При вращении диска электромагнитный датчик 1 частоты вращения вырабатывает серию импульсов, число которых определяет угловое положение коленчатого вала относительно ВМТ. Кроме того, на диске устанавливается дополнительный зуб, при совпадении оси которого с электромагнитным датчиком 2 начала отсчёта на выходе последнего формируется импульсный сигнал о достижении поршнем первого цилиндра ВМТ.

Частота вращения коленчатого вала двигателя может определяться путём подсчёта числа импульсов, поступающих с датчика 1 за эталонный промежуток времени, или путём подсчёта числа импульсов от кварцевого генератора за период импульсов датчиков 1 и 2.

Нагрузка двигателя ΔP_k определяется при помощи датчика абсолютного давления (разрежения) или ДМРВ 3, устанавливаемого во впускном коллекторе. Аналоговый сигнал с датчика преобразуется в цифровую форму с помощью аналого-цифрового преобразователя. Система имеет несколько дополнительных информационных входов 4 для других датчиков, например датчика температуры охлаждающей жидкости, детонации, положения дроссельной заслонки и др. Сигналы с датчиков формируются с помощью специальных схем 5 (интерфейсов) перед подачей их в узел обработки данных 6. Одним из основных устройств узла обработки является постоянное запоминающее устройство 7 (ПЗУ).

На основании сигналов о частоте вращения коленчатого вала и нагрузке двигателя узел обработки данных формирует адрес, по которому осуществляется обращение к ПЗУ и выборка (считывание) значения угла опережения зажигания, соответствующего данному режиму работы двигателя. Это значение в дальнейшем может корректироваться в зависимости от показаний других датчиков. При достижении коленчатым валом двигателя положения, соответствующего расчётному значению, угла

опережения зажигания, узел) обработки данных формирует сигнал управления коммутатором 8.

Из рассмотренного принципа работы системы следует ряд важных выводов:

- погрешности привода распределителя в данной системе сведены к нулю благодаря работе непосредственно от зубчатого диска, жёстко укрепленного на коленчатом валу двигателя;

- частота вращения коленчатого вала двигателя определяется путём подсчёта числа импульсов, формируемых датчиком оборотов за заданный период времени, который в принципе может задаваться с любой реальной точностью;

- характеристики системы могут изменяться путём изменения содержимого ПЗУ;

- система может воспроизводить характеристики угла опережения зажигания практически с любой точностью, определяемой лишь числом зубьев диска;

- так как все перечисленные операции проводятся цифровыми узлами, характеристики системы практически не подвержены временным и температурным изменениям.

Благодаря гибкости системы такого типа наиболее полно удовлетворяют современным требованиям. На рис. 20 приведена трёхмерная калибровочная диаграмма, представляющая взаимосвязь трёх параметров двигателя: частоты вращения коленчатого вала, нагрузки, угла опережения зажигания.

Из приведённого примера следует, что характеристика оптимальных углов опережения зажигания цифровой системы с гибкой памятью значительно сложнее характеристик, которые могут быть воспроизведены системами с механическими автоматами. Одним из основных недостатков этих систем, обусловленных сложностью, является необходимость их реализации в виде заказных больших интегральных схем (БИС). Выполнение этого условия обязательно, если принять во внимание жёсткие требования к надёжности

работы системы и массовости выпуска. Недостатком является также необходимость изменять аппаратную часть при изменении характеристик угла опережения зажигания или алгоритма работы системы зажигания.

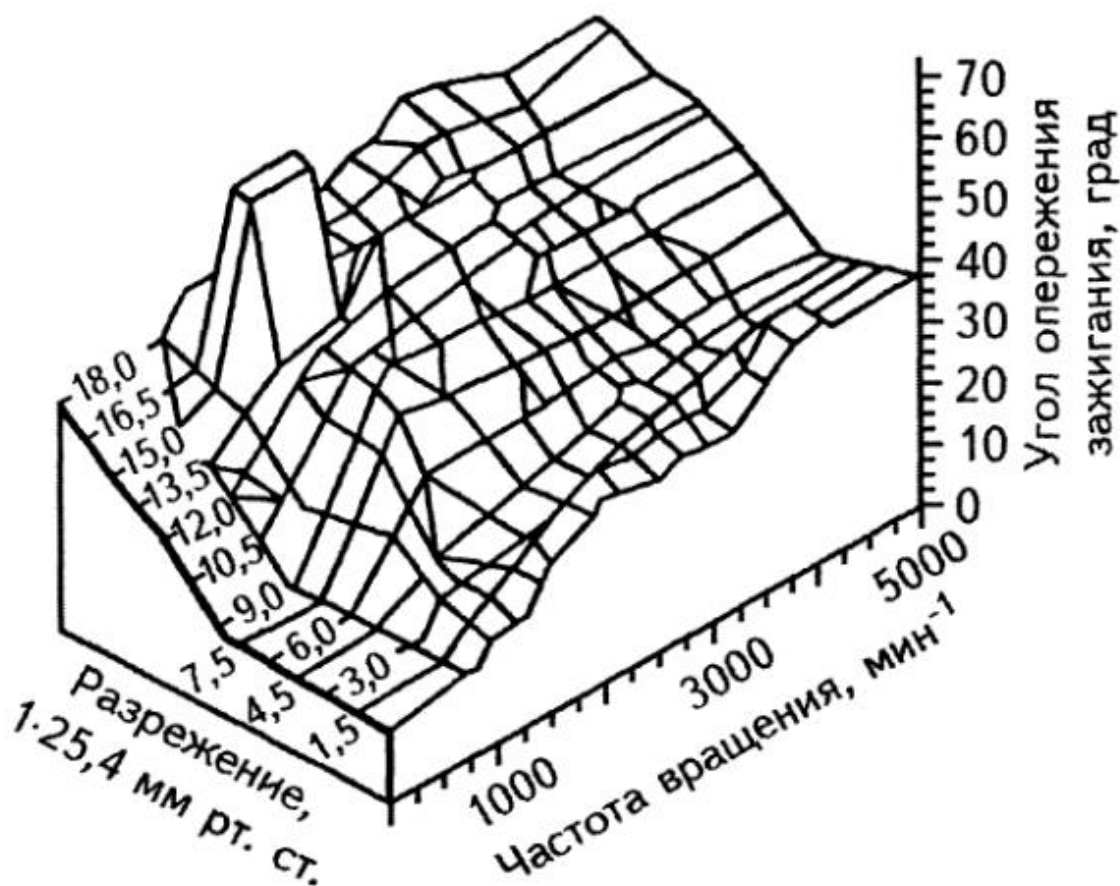


Рис. 20 Калибровочная диаграмма цифровой системы зажигания

Этих недостатков лишены системы с программируемой логикой, в которых при изменении алгоритма работы системы необходимо лишь заменить управляющую программу и ввести данные в ПЗУ. Такие системы обычно реализуются на базе микропроцессоров.

Системы, построенные на базе микропроцессоров, по основным принципам работы практически не отличаются от ЭВМ, широко используемых во многих областях науки и техники. Основное отличие заключается лишь в том, что последние достижения в области

микроэлектроники позволили выполнять ЭВМ в виде одной или нескольких БИС, поэтому они получили название микроЭВМ.

Одним из объектов, на которых по прогнозам ожидается массовое применение микроЭВМ, является автомобиль. Это объясняется тем, что системы автомобиля имеют достаточно сложные функции регулирования, для реализации которых требуется выполнение большого объёма вычислений. И микроЭВМ с их способностью быстро анализировать большой объём информации являются идеальным решением данной проблемы. К этому ещё необходимо добавить, что одна микроЭВМ может управлять несколькими системами автомобиля. Последнее утверждение чрезвычайно важно, так как ряд задач, в том числе и задача повышения эффективности работы двигателя, носит комплексный характер, затрагивающий не только систему зажигания, но и систему топливоподачи.

Электронное распределение высокого напряжения по цилиндрам двигателя

Средства электроники позволили осуществить распределение высоковольтных импульсов по цилиндрам двигателя путём коммутации низковольтных цепей катушки (или катушек) зажигания. Такой способ распределения высоковольтных импульсов может быть назван низковольтным или электронным, поскольку коммутация осуществляется при помощи электроники. Применение электронного распределения позволяет существенно снизить уровень радиопомех при работе системы зажигания.

Ниже рассматриваются практические варианты схем электронного распределения для четырёхтактных четырёхцилиндровых автомобильных двигателей (рис. 21).

В системе зажигания с применением одновыводных катушек зажигания традиционного исполнения (рис. 21,а) каждый цилиндр двигателя снабжён собственной катушкой зажигания Т1 - Т4, имеющей индивидуальный

коммутационный ключ VT1 - VT4. Управление работой ключей осуществляется сигналами $U_{c31} - U_{c34}$, вырабатываемыми контроллером.

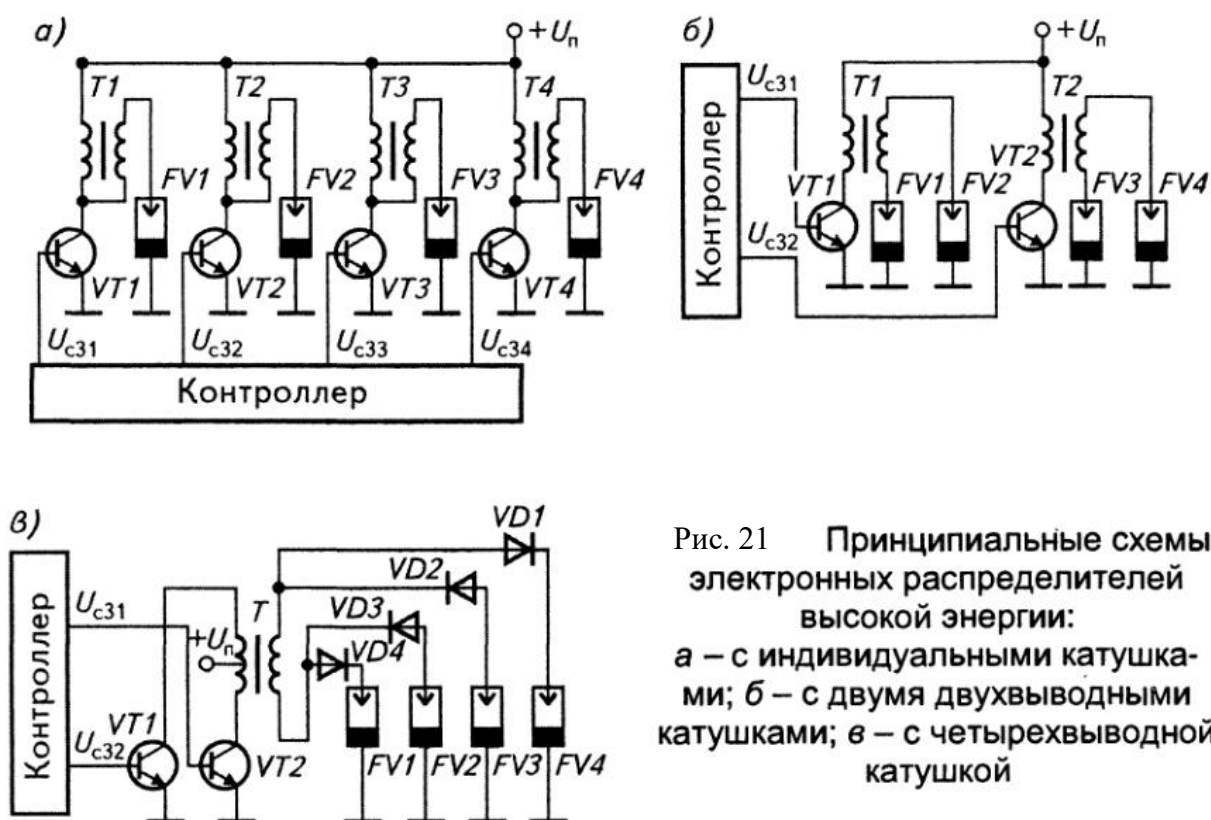


Рис. 21 Принципиальные схемы электронных распределителей высокой энергии:
 а – с индивидуальными катушками; б – с двумя двухвыводными катушками; в – с четырехвыводной катушкой

По второму варианту (рис. 21,б) два цилиндра, момент зажигания которых смещён на 360° по коленчатому валу, снабжены двух выводной катушкой зажигания, искровые промежутки (FV) свечей соединены последовательно и искрообразование происходит одно временно в двух цилиндрах. При этом одна искра реализуется в такте расширения (холостая искра), а другая - в такте сжатия (рабочая). Для четырехцилиндрового двигателя требуется наличие двух катушек зажигания, управляемых по первичной стороне собственным коммутатором.

Возможна замена двух катушек зажигания на одну четырехвыводную с двумя включёнными встречно первичными обмотками, которые намагничивают сердечник в двух направлениях. Распределение высоковольтных импульсов по цилиндрам двигателя осуществляется с

помощью выпрямителя на высоковольтных диодах VD1-VD4, подключённого к обоим концам вторичной обмотки (рис. 21,в). Здесь также две свечи зажигания работают одновременно, т. е. одна искра является холостой. Управление работой катушки зажигания по первичной стороне осуществляется аналогично варианту на рис. 21,б.

Описанные варианты систем зажигания с низковольтным распределением имеют свои преимущества и недостатки. Например, первый вариант использует традиционные катушки, но он громоздок. Во втором варианте используется уже две катушки зажигания. Третий вариант с одной катушкой требует усложнения её конструкции из-за необходимости встраивания высоковольтных диодов с обратным напряжением, равным максимально возможному напряжению катушки зажигания (приблизительно 30 ... 40 кВ).

Кратко рассмотрим основные датчики микропроцессорной системы управления зажиганием:

- *Датчики положения коленчатого и распределительного вала.* Эти датчики необходимы ЭБУ для определения текущих оборотов двигателя, а также текущего положения распределительного вала (для идентификации цилиндра, который находится в такте сжатия). В разных модификациях электронных систем управления используется разный набор датчиков для решения этих задач. При этом также используются датчики разных типов – но наиболее часто индуктивные датчики и датчики Холла.

- *Датчик детонации* – устанавливается на блоке двигателя. Во время работы двигателя датчик генерирует сигнал с частотой и амплитудой, зависящей от частоты и амплитуды вибрации двигателя. При возникновении детонации электронный блок корректирует угол опережения зажигания.

- *Датчик угла открытия дроссельной заслонки* – определяет нагрузку на двигатель.

Коммутатор (“воспламенитель”, igniter) – это транзисторные ключи, которые в зависимости от сигнала с ЭБУ включают или отключают питание первичной обмотки катушки (катушек) зажигания. В зависимости от устройства конкретной системы зажигания коммутатор может быть как один, так их может быть и несколько (если в системе зажигания используется несколько катушек).

Техническое обслуживание систем зажигания

В наибольшей мере технического обслуживания требует контактная система зажигания.

В бесконтактных системах обслуживание сведено к минимуму, а ремонт выполняется блочной заменой вышедших из строя изделий.

При ТО-1 рекомендуется проверить крепление прерывателя-распределителя и катушки зажигания, а также затяжку гаек выводных болтов и при необходимости подтянуть их, смазать валик привода кулачка и ротора распределителя.

При ТО-2 следует осмотреть и очистить сухой тряпкой от грязи, пыли и масла все элементы системы зажигания. Вывернуть свечи и проверить их состояние. При необходимости очищают свечи от нагара и регулируют зазор между электродами. Состояние свечи может дать расширенную информацию о работе системы зажигания и двигателя. При правильном выборе свечи и нормальной её работе на нижней части изолятора наблюдается налёт светло-бежевого цвета (при работе на этилированном бензине серого цвета). Удалять его с изолятора не следует.

Чёрная копоть на всех элементах свечи свидетельствует о длительной работе на холостом ходу, переобогащении смеси, неправильной регулировке угла замкнутого состояния контактов прерывателя или зазора между ними, отказе конденсатора, неисправности свечи.

Замасливание всех свечей у двигателя, находившегося в длительной эксплуатации, информирует об износе цилиндров, поршней, поршневых колец; замасливание одной свечи чаще всего свидетельствует о прогаре впускного клапана.

Выгорание электродов и других элементов свечи обусловлено перегревом, вызванным применением низкооктанового бензина, неправильной установкой угла опережения зажигания, переобеднением смеси.

Свечи рекомендуется заменять через 15 - 30 тыс. км пробега.

После снятия с двигателя при ТО-2, прерыватель-распределитель следует протереть сухой тряпкой изнутри и снаружи, проверить, нет ли трещин и следов выгорания на его элементах, а также проверить состояние контактов прерывателя и, при необходимости, отрегулировать зазор между ними и протереть контакты мягкой ветошью, смоченной в бензине или спирте.

Смазке подлежит ось рычажка, валик привода кулачка, втулка кулачка.

Через 40 - 60 тыс. км пробега при подготовке автомобиля к зимней эксплуатации после разборки распределителя следует проверить состояние подшипников, рычажка прерывателя, кулачка, контактов прерывателя, центробежного и вакуумного регуляторов, при необходимости отрегулировать установку угла замкнутого состояния контактов и момент искрообразования. Чаще всего двигатель не запускается, особенно в сырую погоду, именно из-за неисправности системы зажигания.

Однако, прежде всего, следует убедиться в исправности выключателя зажигания (падение напряжения в его контактах под нагрузкой не должно превышать 0.2 В), нормальной заряженности аккумуляторной батареи и исправности системы электроснабжения. В бесконтактных электронных системах зажигания, если напряжение бортовой сети превышает 18 В, коммутатор отключает систему зажигания.

Неисправность системы зажигания выявляется на специальных стендах, в том числе оснащённых осциллографом, на экране которого можно наблюдать изменение тока первичной цепи и вторичного напряжения по времени.

Проверку катушки зажигания производят замером её сопротивления в первичной и вторичной цепях. Если оно отличается от требуемого, катушка неисправна, её следует заменить. Замером сопротивления проверяется и дополнительный резистор. Тестером в режиме омметра можно проверить конденсатор. При подключении тестера, включённого на измерение больших сопротивлений, у исправного конденсатора стрелка в момент подключения совершает бросок, а затем возвращается в нулевое положение. Элементы электронной схемы системы зажигания могут быть также проверены тестером.

Проверку датчиков коммутаторов и контроллеров электронной системы зажигания проще всего производить заменой их на заведомо-исправные блоки. Датчик можно проверить и обыкновенным вольтметром (тестером, включённым на измерение напряжения). У исправного датчика Холла вольтметр, включенный на измерение постоянного напряжения и подсоединённый к выводу датчика, по мере вращения вала датчика-распределителя должен резко менять показания от примерно 0,4 В до величины, не более чем на 3 В отличающейся от напряжения питания. Магнитоэлектрический датчик датчика-распределителя при работающем стартере должен показывать напряжение не менее 2 В при измерении его вольтметром переменного тока, сопротивление обмотки датчика лежит в пределах 280 - 470 Ом.

Испытание свечей зажигания на герметичность и электрические испытания проводят на специальном стенде. Для очистки их от нагара служит приспособление Э203-0. Для проверки исправности свечи на двигателе может служить специальный индикатор.

В настоящее время выпускаются различные мотортестеры, упрощающие процесс регулировки и диагностики систем зажигания. Микропроцессорная система зажигания, наиболее сложная для диагностики, обычно снабжается специальной диагностической аппаратурой, в том числе с применением

компьютера. Функции диагностики могут быть возложены и на сам микропроцессор системы зажигания.

Диагностирование систем зажигания

Основной метод диагностирования классической и контактнотранзисторной систем зажигания заключается в сравнении переходных процессов, происходящих в различных узлах, с эталонными. Идея метода состоит в том, что характерные кривые напряжений переходных процессов выводят на экран осциллографа и, сравнивая полученные формы кривых с эталонными, выявляют практически любую неисправность системы. Для облегчения анализа изображений осциллограф снабжается специальным устройством, позволяющим получать на экране одновременно несколько изображений (по числу цилиндров двигателя), развернутых на весь экран и расположенных друг над другом или наложенных друг на друга. По осциллограммам можно определить техническое состояние катушки зажигания, конденсатора, первичное и вторичное напряжение, угол замкнутого и разомкнутого состояний контактов прерывателя и др.

На рис. 22,а приведена эталонная кривая напряжения на контактах прерывателя. По горизонтальной оси отложен угол поворота вала распределителя. Постоянный уровень 3 соответствует напряжению аккумуляторной батареи при разомкнутых контактах прерывателя. Высокочастотные колебания 1 в начале цикла обусловлены колебательным процессом в системе конденсатор - первичная обмотка катушки зажигания при размыкании контактов прерывателя. Высокочастотные колебания 2 на спаде импульса зажигания отражают процесс рассеивания энергии в катушке зажигания после прекращения искрового разряда. Длительность импульса зажигания T_3 определяется запасом энергии в катушке зажигания. В пределах угла θ_p , контакты прерывателя разомкнуты, а в пределах θ_3 замкнуты.

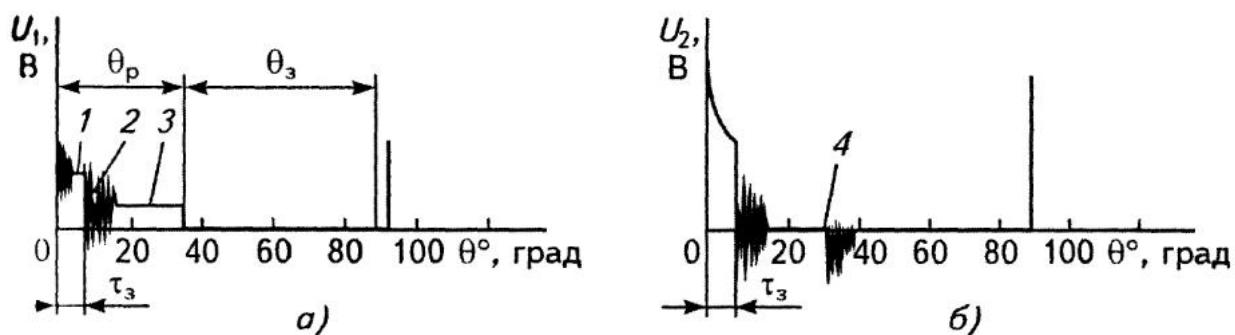


Рис. 22

Эталонные кривые первичного (а) и вторичного (б) напряжений системы зажигания

Описанному циклу изменения напряжения на контактах прерывателя соответствует цикл изменения на вторичной обмотке катушки зажигания (рис. 22,б). Высокочастотные колебания 4 вызваны перезарядом распределенных ёмкостей выходной цепи при замыкании контактов прерывателя.

Неисправности различных элементов системы зажигания определённым образом влияют на форму импульсов напряжения в пределах цикла зажигания. Если в цепи свечи короткое замыкание, то импульс напряжения во вторичной цепи имеет меньшую амплитуду и большую длительность разряда по сравнению с импульсами других цилиндров, однако форма его напоминает нормальные импульсы. Такая же форма импульса наблюдается и при очень малом зазоре между электродами свечи. Нечёткость размыкания контактов прерывателя свидетельствует о загрязнении или неисправности контактов, разболтанном креплении оси контакта или слабом напряжении пружины и приводит к дребезжанию. Несовпадение углов замкнутого состояния контактов для различных цилиндров двигателя свидетельствует о дефектах привода, крепления контактов прерывателя и т. д. Следует отметить, что в контактно-транзисторной системе импульс напряжения на контактах прерывателя имеет почти прямоугольную форму и осциллографическая кривая этого напряжения позволяет судить лишь о регулировке контактов прерывателя и исправности цепи, в которую включён прерыватель.

Систему зажигания диагностируют при вращении двигателя с частотой 1000 и 2000 мин-1. При частоте вращения 1000 мин-1 определяют состояние катушки зажигания и конденсатора, а также угол замкнутого состояния контактов и его изменение. При увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя до 2000 мин-1 угол замкнутого состояния контактов на наблюдаемой осциллограмме не должен изменяться более чем на 2°. Состояние контактов прерывателя определяют при 1000 мин-1, а затем при увеличении частоты вращения до 2000 мин-1 оценивают по изменению угла замкнутого состояния контактов на осциллограмме.

Первичное напряжение на всех цилиндрах проверяют по углу замыкания контактов прерывателя. Расхождение в углах замыкания для осциллограммы в «наложенном» виде не должно превышать 2°. Проверка вторичных цепей системы зажигания по осциллограмме первого цилиндра определяет полярность вторичного напряжения, состояние вторичной обмотки катушки зажигания и высоковольтного провода от катушки к прерывателю. Осциллограмма вторичного напряжения всех цилиндров в наложенном виде устанавливает увеличение зазора свечи, короткое замыкание, обрыв и увеличение сопротивления в цепи свечи.

Осциллограмма вторичного напряжения всех цилиндров последовательно определяет характер пробивного напряжения на всех свечах и качество работы свечей в режиме работы двигателя до 2000 мин-1. Пробивные напряжения на разных свечах не должны отличаться более чем на 10%.

Диагностирование системы зажигания следует начинать с анализа первичного напряжения. Неисправное состояние контактов прерывателя легко устанавливается по характеру искажения кривой первичного напряжения. Наложённое изображение первичного напряжения всех цилиндров позволяет определить износ кулачка и привода прерывателя, приводящий к асинхронизму в чередовании искр.

Для диагностирования бесконтактных систем зажигания, таких как БСЗ с датчиком Холла или микропроцессорной, использование метода основанного

на сравнении осциллограмм переходных процессов с эталонными, не даёт однозначного ответа о техническом состоянии данных систем. Это связано с тем, что процессы, происходящие в электронных блоках, в указанных осциллограммах не проявляются. Наличие неисправностей в электронных блоках, приводящих к полному нарушению функционирования системы зажигания, исключает применение осциллограмм вообще. Поэтому для обеспечения достоверной оценки технического состояния БСЗ существующая диагностическая аппаратура должна комплектоваться специальными средствами технического диагностирования электронных блоков.

Применение электронных блоков в системе зажигания позволит осуществить систему тестового диагностирования, т. е. специальную организацию входных воздействий с одновременной регистрацией выходных ответов блоков. Система тестового диагностирования позволяет производить поиск и локализацию неисправностей в системе зажигания даже при неработающем двигателе.

Разработан ряд устройств и приборов для диагностирования электронных блоков и связанных с ними датчиков бесконтактных систем зажигания. К ним относятся прибор проверки коммутатора (ППК), тестер микропроцессорной системы зажигания (тестер МСУАД), многофункциональный прибор контроля коммутатора (ПКК).

Контрольные вопросы :

- 1 Основные требования к системе зажигания**
- 2 Какие последствия неисправности системы зажигания**
- 3 От чего зависит разряд в искровом промежутке свечи**
- 4 Общее строение системы зажигания**
- 5 Виды систем зажигания**
- 6 Дать определение и объяснить назначение угла опережения зажигания**
- 7 Устройство контактной системы зажигания**
- 8 Устройство прерывателя-распределителя**
- 9 Назначение и принцип работы прерывателя**
- 10 Назначение и принцип работы распределителя**
- 11 Назначение и принцип работы центробежного регулятора угла опережения зажигания**
- 12 Назначение и принцип работы вакуумного регулятора угла опережения зажигания**
- 13 Устройство бесконтактной системы зажигания**
- 14 Роль транзисторного коммутатора в бесконтактной системе зажигания**
- 15 Устройство и принцип работы датчика Холла**
- 16 Устройство и принцип работы индуктивного датчика**
- 17 Устройство и принцип работы магнитоэлектрического датчика**
- 18 Устройство и принцип работы оптического датчика**
- 19 Устройство электронной системы зажигания**
- 20 Основные датчики ЭСУД**
- 21 Порядок работы двух выводной катушки зажигания**
- 22 Техническое обслуживание систем зажигания**