

# Электрооборудование автомобилей



## Урок № 5

Тема: Система зажигания

# Электрооборудование автомобилей

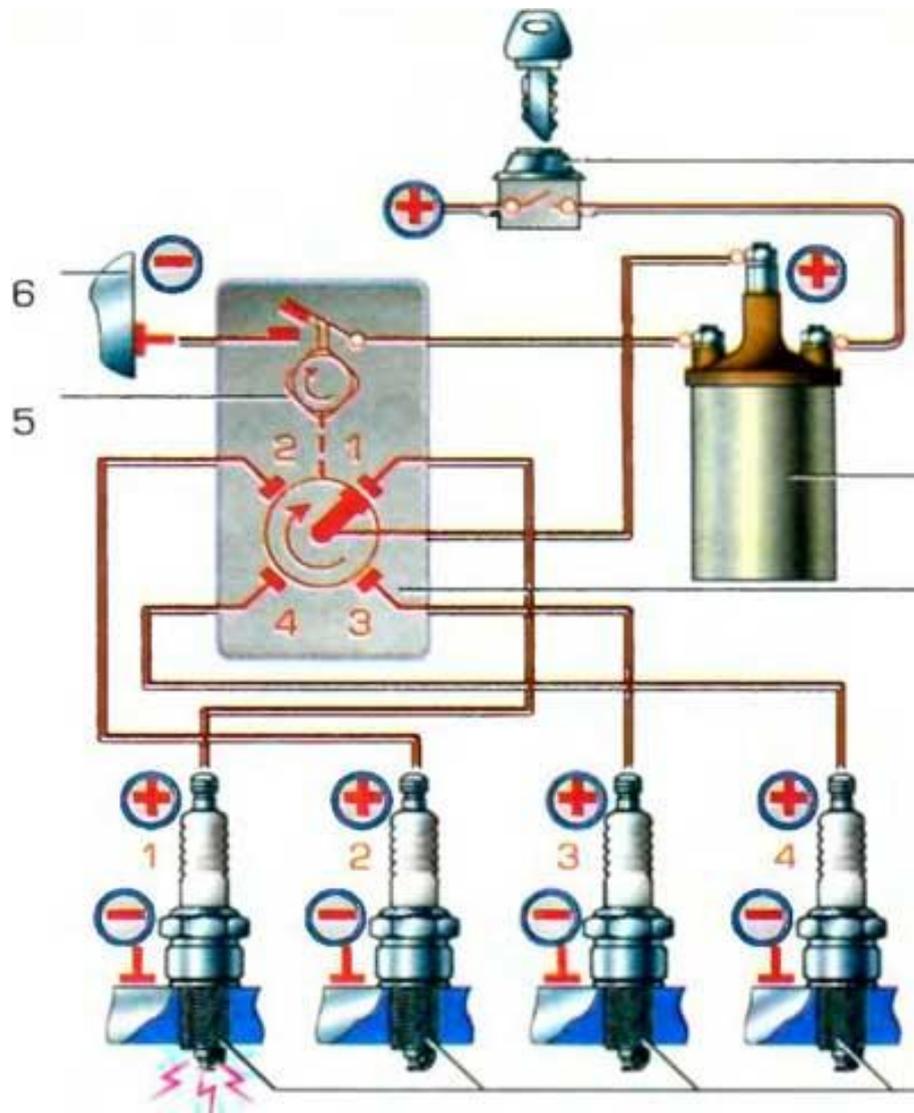
---

## Системы зажигания

### План

1. Назначение и требования к автомобильной системе зажигания.
2. Устройство и принцип действия системы зажигания.
3. Системы зажигания.
4. Свечи зажигания.

# Электрооборудование автомобилей



## 1. Назначение и требования к автомобильной системе зажигания

Система зажигания предназначена для воспламенения рабочей смеси в цилиндрах бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Первоначально в автомобилях применялась система зажигания от магнето, но затем она достаточно быстро была вытеснена батарейной системой зажигания, которая в различных вариантах применяется и на современных автомобилях.

# Электрооборудование автомобилей

---

## 1. Назначение и требования к автомобильной системе зажигания



# Электрооборудование автомобилей

---

## 1. Назначение и требования к автомобильной системе зажигания

Система зажигания должна отвечать следующим требованиям:

- ◆ простота конструкции,
- ◆ малые габаритные размеры,
- ◆ долговечность и надежность при эксплуатации,
- ◆ бесперебойность воспламенения смеси как при пуске, так и при всех режимах работы двигателя,
- ◆ автоматическое изменение угла опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя,
- ◆ независимость ее работы от изменения нагрузки на двигатель,
- ◆ не создавать помех для работы радио и телеприемников.

Эти требования, а также тенденции развития ДВС, связанные с повышением их экономичности, снижением токсичности отработавших газов, уменьшением массы и габаритных размеров, повышением частоты вращения коленчатого вала и степени сжатия оказывают влияние на конструкцию и схемное исполнение системы зажигания.

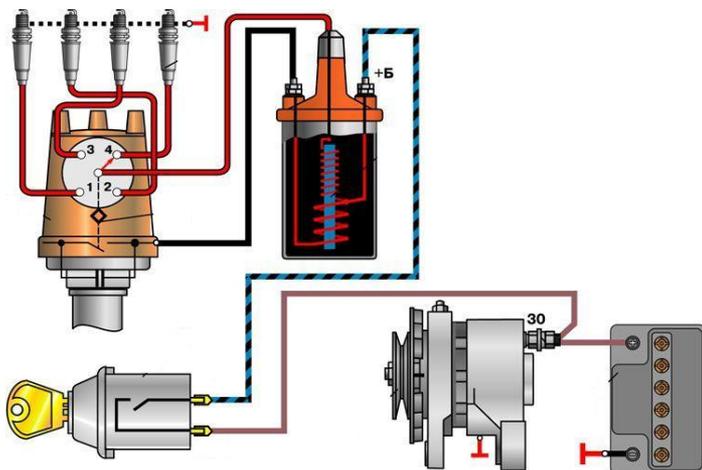
# Электрооборудование автомобилей

## 2. Устройство и принцип действия системы зажигания

Классическая контактная система зажигания состоит из катушки зажигания, прерывателя – распределителя, конденсатора и свечей зажигания.

Для возникновения искры разряд в искровом промежутке вызывается импульсом напряжения, величина которого зависит от температуры и давления в камере сгорания, конфигурации и размеров искрового промежутка.

Величина импульса напряжения должна обеспечиваться системой зажигания с определенным запасом, с учетом износа электродов свечи в процессе эксплуатации. Обычно коэффициент запаса составляет  $1,5 \div 1,8$ , а величина импульса напряжения лежит в пределах  $20 \div 30$  кВ.



# Электрооборудование автомобилей

## 2. Устройство и принцип действия системы зажигания

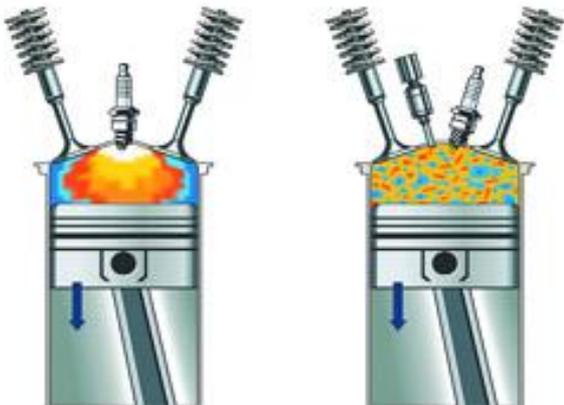
Процесс сгорания рабочей смеси разделяется на три фазы:

- ♦ начальную, когда формируется пламя, возникающее от искрового разряда в свече,
- ♦ основную, когда пламя распределяется на большей части камеры сгорания,
- ♦ конечную, когда пламя догорает у стенок камеры сгорания.

Этот процесс требует определенного промежутка 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 мертвой точки (ВМТ), ( $\Theta_{\max}=15-20^\circ$ ).



# Электрооборудование автомобилей

## 2. Устройство и принцип действия системы зажигания

Если угол опережения зажигания больше оптимального, то зажигание **раннее**. Давление в камере сгорания при этом достигает максимума до достижения ВМТ и оказывает противодействующее воздействие на поршень.

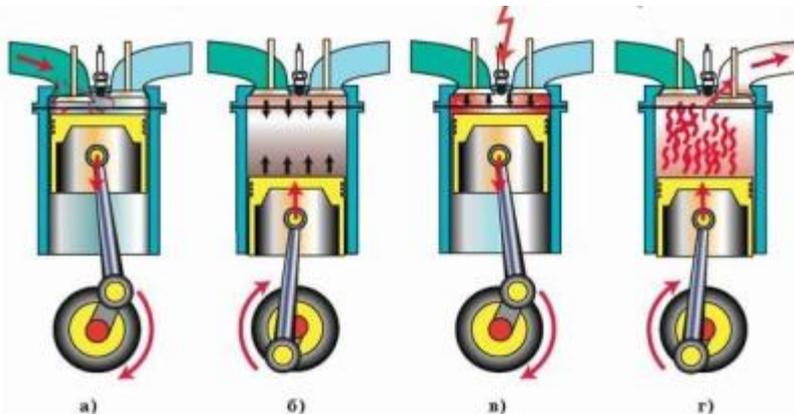
Раннее зажигание может явиться причиной возникновения детонации.

Если угол опережения зажигания меньше оптимального, зажигание **позднее** - в этом случае двигатель перегревается.

На начальную фазу сгорания влияет энергия и длительность искрового разряда в свече. В современных системах энергия разряда достигает **50 МДж**, а его длительность составляет **1 ÷ 2,5 мс**. Это большая энергия и поэтому, до

возникновения разряда в искровом промежутке свечи, ее нужно накопить.

По способу накопления энергии различают системы с накоплением энергии в **индуктивности** и в **емкости**.



# Электрооборудование автомобилей

## 2. Устройство и принцип действия системы зажигания

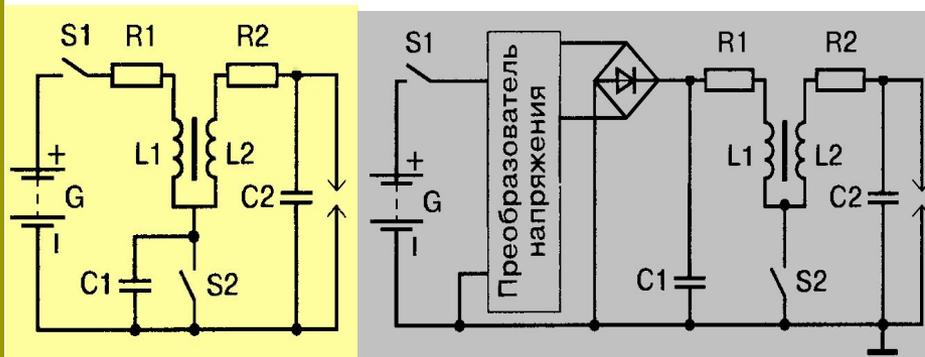
В обеих схемах для получения импульса высокого напряжения используется катушка зажигания, представляющая собой высоковольтный трансформатор.

**Первичная обмотка** имеет малое число витков и сопротивление её составляет единицы Ома.

**Вторичная обмотка** имеет большое число витков и сопротивление её составляет десятки Ком.

**Коэффициент трансформации** лежит в пределах  $50 \div 150$ .

Значительное количество энергии накопить в конденсаторе при малом напряжении затруднительно  $W_c = cU^2/2$ , поэтому система оборудуется высоковольтным преобразователем напряжения.



Такое усложнение схемы не даст существенных преимуществ, поэтому **системы с накоплением энергии в емкости не нашли практического применения.**

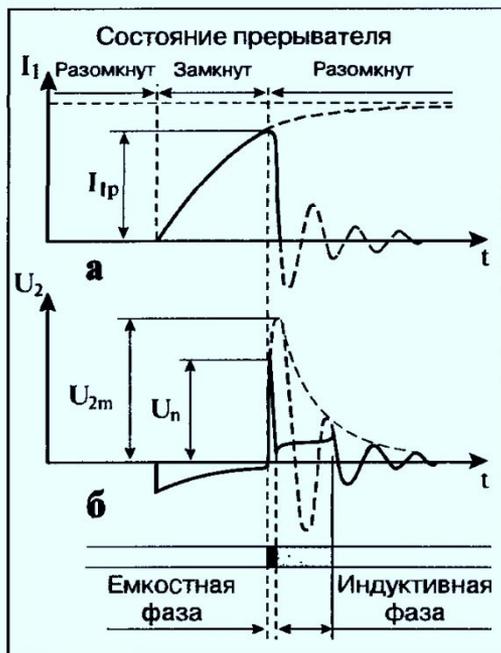
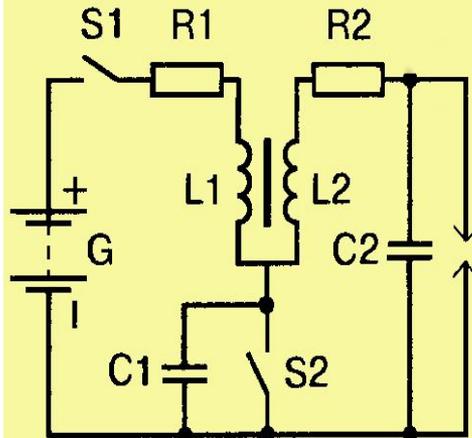
# Электрооборудование автомобилей

## 2. Устройство и принцип действия системы зажигания

**Принцип работы схемы состоит в следующем.**

Выключатель зажигания S1 включает систему в сеть питания. При вращении вала двигателя происходит замыкание контактов прерывателя S2 и ток начинает нарастать в первичной цепи катушки зажигания. В момент, необходимый для подачи искрового импульса на зажигание, прерыватель S2 разрывает свои контакты, после чего возникает колебательный процесс, связанный с обменом энергии между магнитным полем катушки и электрическим полем в емкостях C1 и C2. После размыкания контактов S2 напряжение, приложенное к электродам свечи возрастает до значения  $U_{2m}$

$$U_{2m} = I_{1p} \cdot K_T \cdot \sqrt{\frac{L1}{C1 + C2 \cdot K_T^2}} \cdot K_{\Pi}$$
  
где  $K_T$  – коэф. трансформации  
 $K_{\Pi}$  – учитывает падения напряжений в R1 и R2. Когда напряжение  $U_{2m}$  превысит напряжение пробоя искрового промежутка  $U_{\Pi}$ , возникает необходимая для зажигания искра.

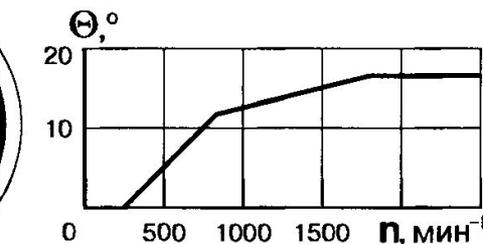
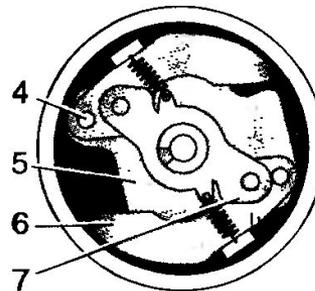
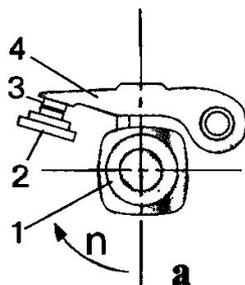
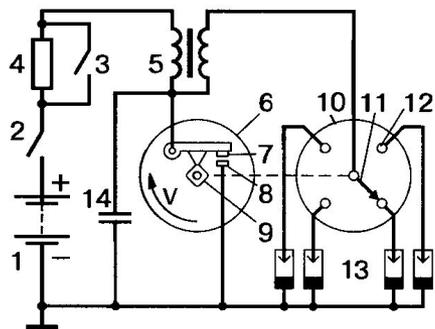


# Электрооборудование автомобилей

## 3. Системы зажигания

При одинаковом принципе работы системы зажигания по своим конструктивным и схемным решениям делятся на контактную (классическую), контактно – транзисторную и бесконтактную электронную системы зажигания.

В контактной системе зажигания коммутация в первичной цепи зажигания осуществляется механическим кулачковым прерывательным механизмом. Кулачек прерывателя связан с коленвалом двигателя через зубчатую или зубчато-ременную передачу, причем частота вращения вала кулачка вдвое меньше частоты вращения вала двигателя. Угол опережения зажигания устанавливается изменением положения кулачка относительно приводного вала. Время замкнутого и разомкнутого состояния контакта определяется конфигурацией кулачка, частотой вращения и зазором между контактами.

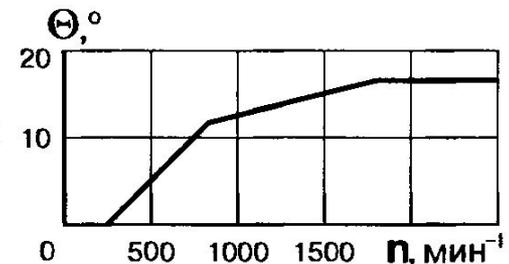
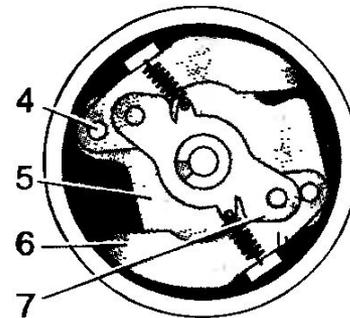
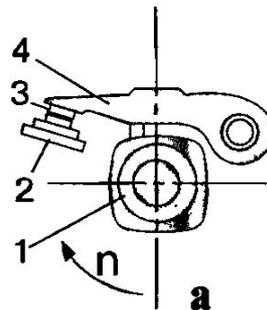
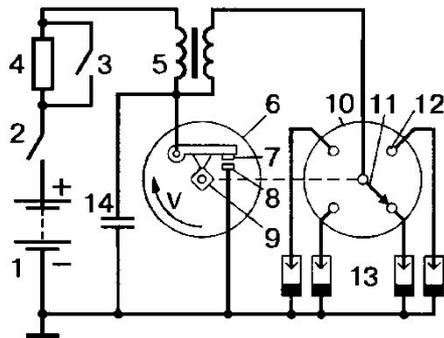


б

# Электрооборудование автомобилей

## 3. Системы зажигания

Во всех случаях с увеличением частоты вращения коленчатого вала увеличивается скорость движения поршня, и для того, чтобы смесь успела сгореть при увеличении частоты вращения, угол опережения зажигания должен быть увеличен. Для изменения положения кулачка относительно приводного вала в зависимости от частоты вращения служит центробежный регулятор. Своими датчиками частоты вращения в регуляторе являются грузики, оси вращения которых закреплены на пластине, связанной с приводным валом. Пример зависимости угла опережения зажигания  $\Theta$ , устанавливаемого центробежным регулятором при изменении частоты  $n$ , приведен на рисунке. Ломаный характер зависимости определяется подбором жесткости пружины, массы и конфигурации грузиков.

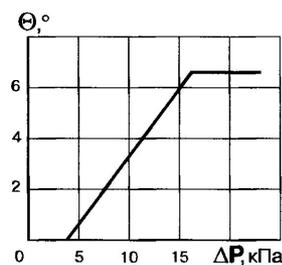
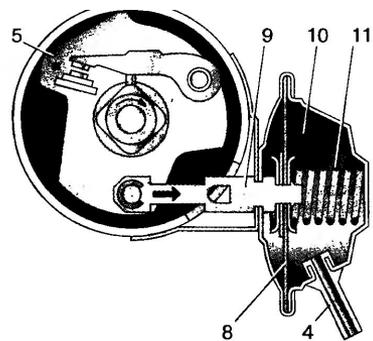
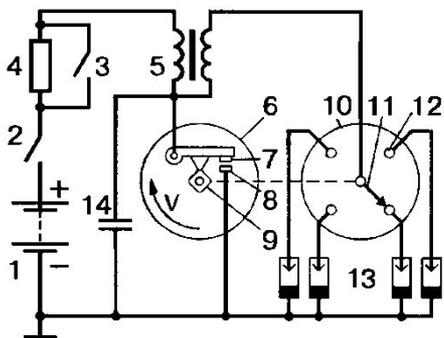


б

# Электрооборудование автомобилей

## 3. Системы зажигания

С увеличением нагрузки двигателя, т.е. с увеличением угла открытия дроссельной заслонки, наполнение цилиндров и давление в конце такта сжатия увеличивается, процесс сгорания ускоряется. Значит, с увеличением открытия дроссельной заслонки угол  $\Theta$  должен уменьшаться. Изменение угла опережения зажигания по нагрузке двигателя осуществляет вакуумный регулятор. Вакуумная камера регулятора соединена со впускным трактом двигателя за дроссельной заслонкой. При увеличении нагрузки дроссельная заслонка открывается, давление за ней снижается, и гибкая мембрана через шток поворачивает пластину с контактным механизмом относительно кулачка в сторону уменьшения угла опережения зажигания. Пример характеристики вакуумного регулятора представлен на рисунке. Добавочный резистор  $R$  устраняет влияние снижения напряжения в бортовой сети при включении стартера. При пуске резистор закорачивается.  $U_{н.к} = 7-8 \text{ В}$ .



нняет влияние снижения напряжения в бортовой сети при включении стартера. При пуске резистор закорачивается.  $U_{н.к} = 7-8 \text{ В}$ .

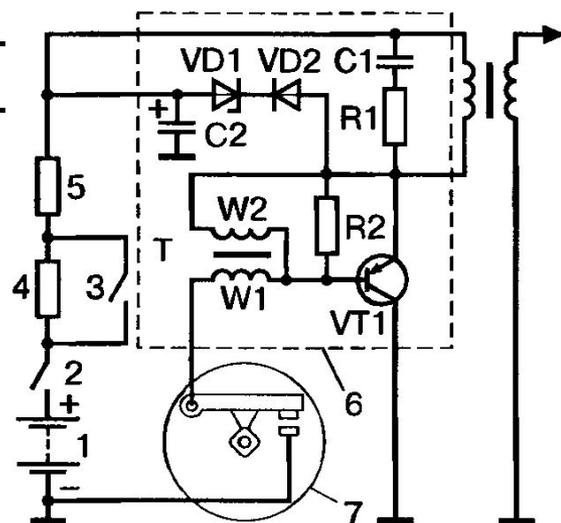
$C1 = 0,17 - 0,35 \text{ мкФ}$ .

# Электрооборудование автомобилей

## 3. Системы зажигания

Контактно-транзисторная система зажигания явилась переходным этапом от контактной к бесконтактным электронным системам. В ней устраняется недостаток контактной системы – подгорание и износ контактов прерывателя, коммутирующей цепь с индуктивностью и значительной силой тока.

В контактно-транзисторной системе первичную цепь обмотки катушки зажигания коммутирует транзистор, управляемый контактами прерывателя. С появлением контактно-транзисторной системы на автомобиле появился новый блок - электронный коммутатор, объединяющий в себе силовой коммутирующий транзистор и элементы схемы его управления и защиты.



Срок службы контактов прерывателя в контактно-транзисторной системе значительно возрос, т.к. базовый ток, коммутируемый ими, невелик. Однако механический износ прерывательного механизма, влияние вибраций на работу в системе не устранены.

# Электрооборудование автомобилей

## 3. Системы зажигания

В электронных системах зажигания контактный прерыватель заменен бесконтактными датчиками:

а – контактный датчик,

б – магнитоэлектрический датчик,

в – феррорезистивный датчик,

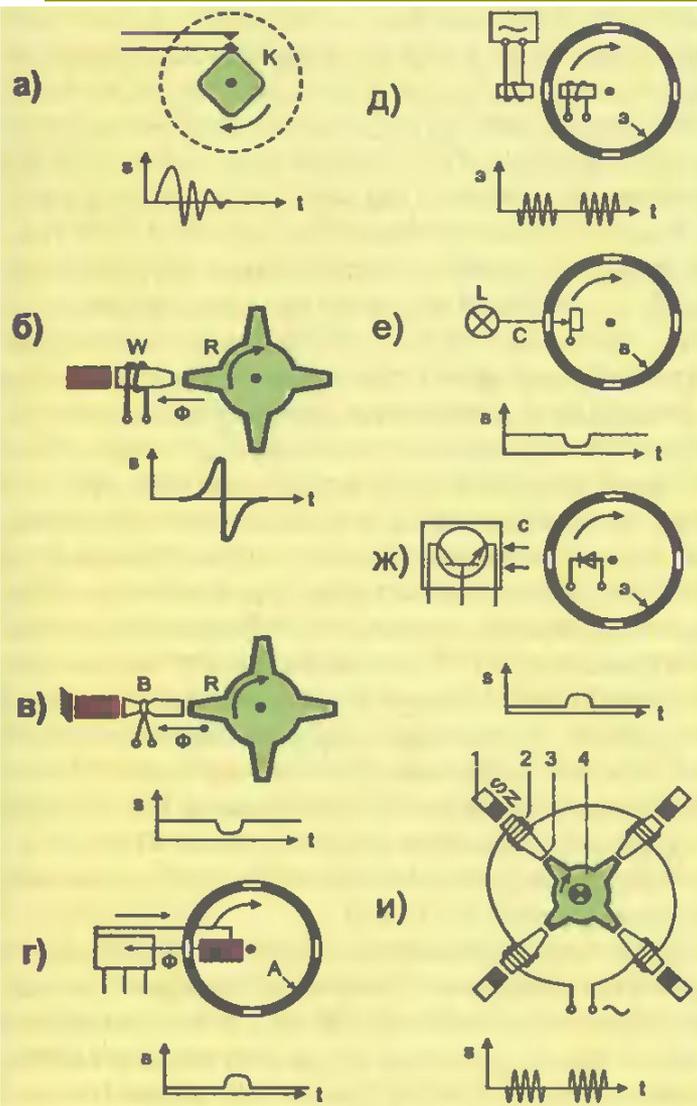
г – датчик Холла,

д – электрогенераторный датчик частоты вращения ДВС,

е – фотоэлектрический датчик частоты вращения ДВС,

ж – оптоэлектронный датчик,

и – генераторный датчик с частотной модуляцией.

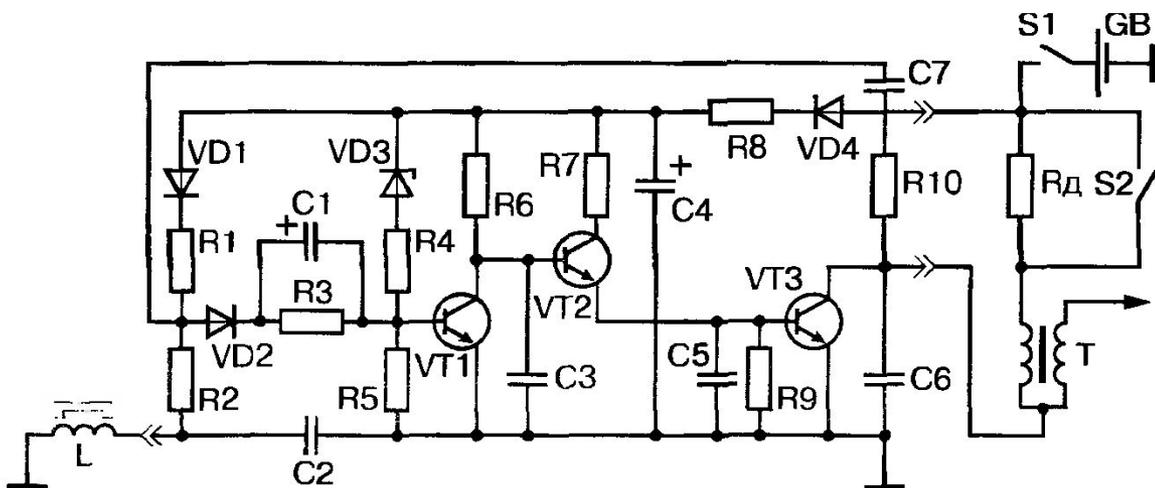


# Электрооборудование автомобилей

## 3. Системы зажигания

Приведенная принципиальная электрическая схема бесконтактной системы зажигания с коммутатором 13.3734-01 применяется на автомобиле «Волга».

Сигнал с обмотки L магнитоэлектрического датчика через диод VD2, пропускающий только положительную полуволну напряжения, и резисторы R2, R3 поступает на базу транзистора VT1. Транзистор открывается, шунтирует переход база-эмиттер транзистора VT2, который закрывается. Закрывается и транзистор VT3, ток в первичной обмотке катушки зажигания прерывается, и на выходе вторичной обмотки возникает высокое напряжение. В отрицательную полуволну напряжения транзистор VT1 закрыт, открыты VT2 и VT3, и ток



начинает протекать через первичную обмотку катушки возбуждения. Очевидно, что число пар полюсов датчика должно соответствовать числу цилиндров двигателя.

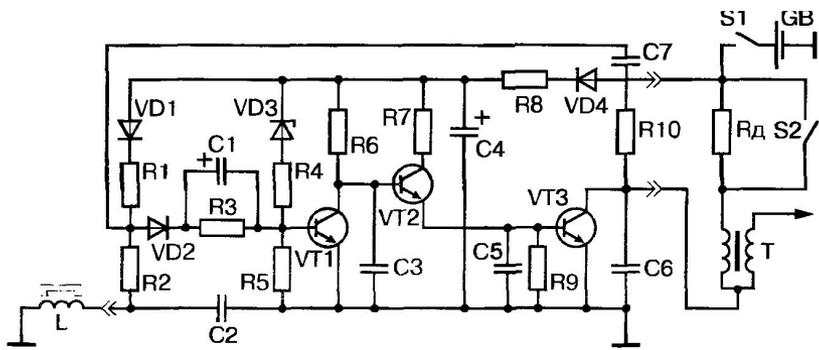
# Электрооборудование автомобилей

## 3. Системы зажигания

Цепь R3-C1 осуществляет фазосдвигающие функции, компенсирующие фазовое запаздывание протекания тока в базе транзистора VT1 из-за значительной индуктивности обмотки датчика L, чем снижается погрешность момента искрообразования.

Стабилитрон VD3 и резистор R4 защищают схему коммутатора от повышенного напряжения в аварийных режимах, так как, если напряжение в бортовой цепи превышает 18В, цепочка начинает пропускать ток, транзистор VT1 открывается и закрывается выходной транзистор VT3. Цепями защиты от опасных импульсов напряжения служат конденсаторы C3, C4, C5, C6; диод VD4 защищает схему от изменения полярности бортовой сети. Установка угла опережения зажигания по частоте вращения коленчатого вала и нагрузке двигателя осуществляется так же, как в контактном зажигании. Форма и

величина выходного напряжения магнитоэлектрического датчика изменяются с частотой вращения, что влияет на момент искрообразования.



# Электрооборудование автомобилей

---

## 4. Свечи зажигания

Для карбюраторных и газовых двигателей применяют неразборные свечи с керамическим изолятором.

Свеча зажигания предназначена для воспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя.

Свечи зажигания классифицируют по следующим признакам:

По исполнению свечи зажигания бывают экранированные и неэкранированные.

По принципу работы свечи зажигания делятся на:

- ◆ свечи с воздушным искровым промежутком,
- ◆ свечи со скользящей искрой,
- ◆ свечи полупроводниковые,
- ◆ свечи эрозийные,
- ◆ свечи многоискровые (конденсаторные),
- ◆ свечи комбинированные.

Наибольшее распространение на автомобилях получили свечи зажигания с воздушным искровым промежутком.

# Электрооборудование автомобилей

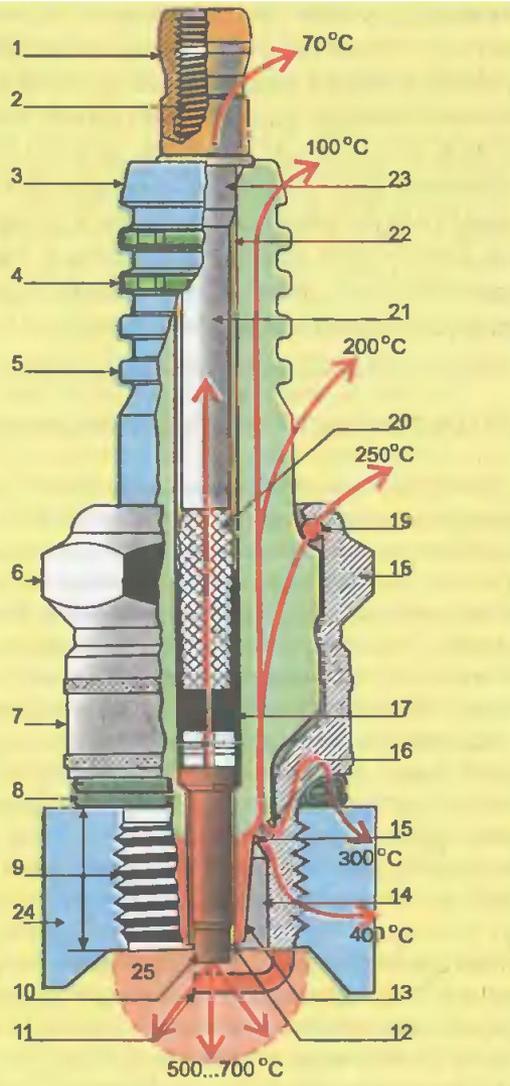
## 4. Свечи зажигания

На слайде показано устройство свечи зажигания с воздушным искровым промежутком.

При работе двигателя температура в камере сгорания колеблется от 70 до 2500°C. Максимальное давление достигает 5 – 6 МПа, напряжение на свече зажигания – 20 кВ. Все это накладывает отпечаток на конструкцию свечи.

Корпус свечи представляет собой полую резьбовую конструкцию с головкой под шестигранный ключ. Внутри корпуса располагается керамический изолятор из уралита, боркорунда, синоксаля, хелумина и др.

Керамический изолятор должен обладать высокой температурной, электрической и механической стойкостью, должен выдерживать напряжение не менее 30 кВ при максимальной температуре.



# Электрооборудование автомобилей

## 4. Свечи зажигания

Внутри изолятора закреплен центральный электрод и контактный стержень. Центральный электрод изготавливается из хромотитановой стали 13Х25Т или хромоникелевого сплава Х20Н80.

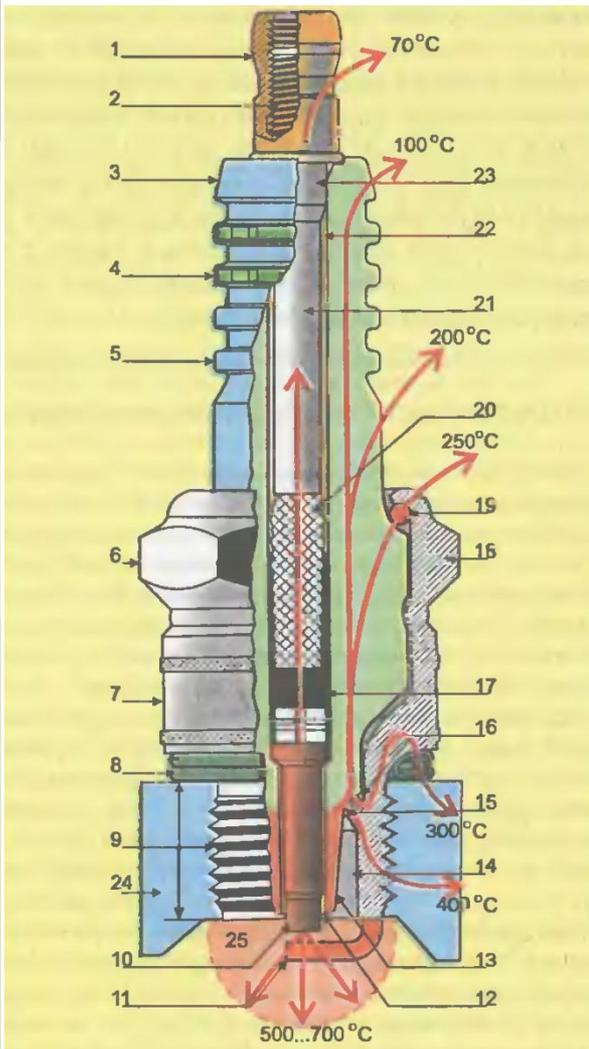
В свечах с расширенным температурным диапазоном центральный электрод выполняется из меди, серебра или платины с термостойким покрытием рабочей части.

Герметизация центрального электрода и контактного стержня производится специальной токопроводящей стекломассой.

К корпусу свечи приварен боковой электрод из никельмарганцевого или хромоникелевого сплава.

Фирма Bosch применяет до четырех боковых электродов в свече.

Увеличение числа боковых электродов повышает устойчивость работы двигателя на пониженных оборотах за счет более разветвленной искры.



# Электрооборудование автомобилей

---

## 4. Свечи зажигания

Между центральным и боковым электродами устанавливается зазор 0,5 -1,2 мм. Чем больше зазор, тем больше воспламеняющая способность искры, но при этом требуется большее напряжение.

Зимой рекомендуют использовать минимальные зазоры или даже уменьшать на 0,1 – 0,2 мм.

Калильное число является важнейшей характеристикой свечи, которое оценивает ее тепловые свойства.

Нормальная работа свечи происходит при температуре теплового конуса изолятора 400 - 900°С. При температуре ниже 400°С на свече образуется нагар, который вызывает перебои в работе двигателя. При температуре выше 920°С возникает калильное зажигание – самовоспламенение топливной смеси от нагретого конуса свечи.

Калильное число определяют на специальном одноцилиндровом эталонном двигателе, степень сжатия которого изменяют до возникновения калильного зажигания.

Среднее индикаторное давление при возникновении калильного зажигания соответствует калильному числу, которое должно принадлежать ряду:

8, 11, 14, 17, 20, 23, 26.

# Электрооборудование автомобилей

---

## 4. Свечи зажигания

Теплоотдача свечи в частности зависит от длины теплового конуса изолятора. Длинный тепловой конус затрудняет теплоотвод, нижняя часть свечи плохо охлаждается. Такую свечу называют «горячей», она соответствует малым значениям калильного числа и рекомендуется для тихоходных двигателей с низкой степенью сжатия. Короткий тепловой конус характерен для холодной свечи с большими значениями калильного числа, рекомендуется для быстроходных форсированных двигателей.

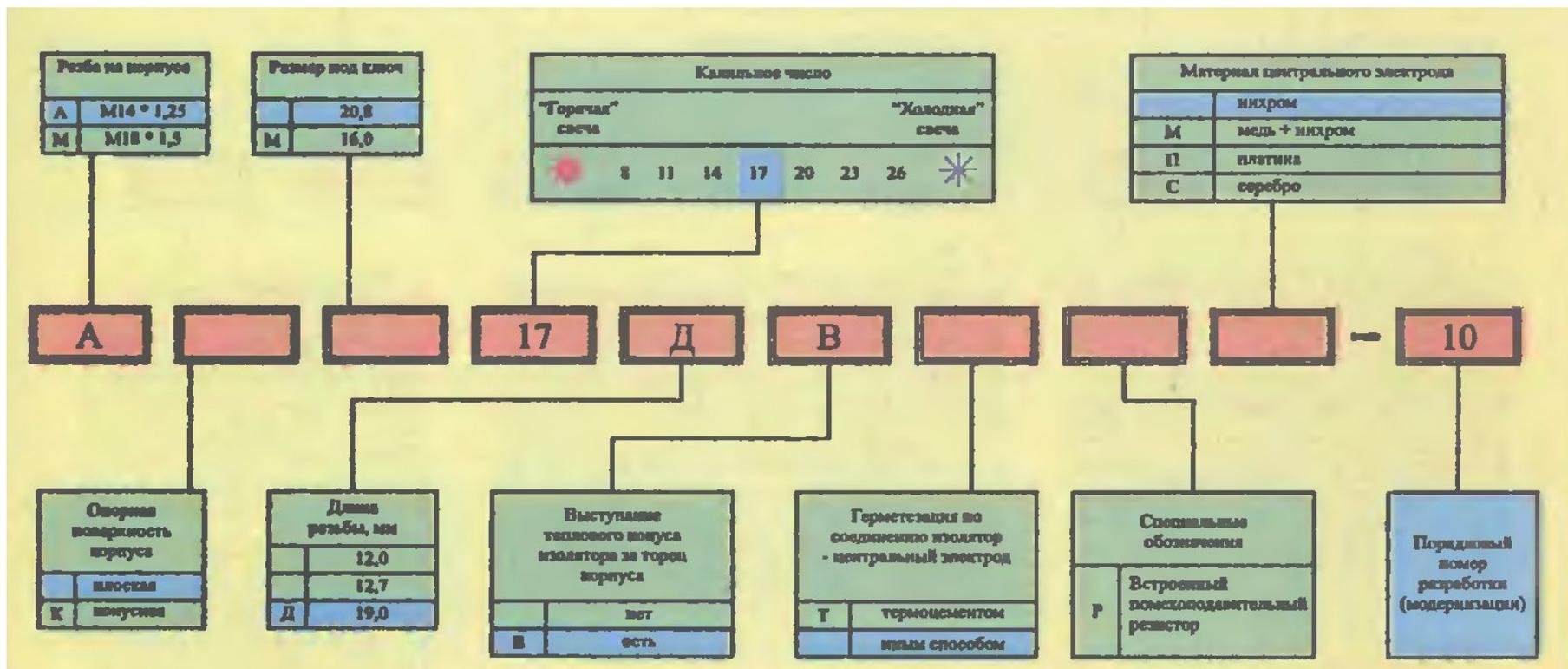
Свечи отечественного производства маркируются следующим образом (А17ДВ-10):

- ◆ обозначение резьбы на корпусе: А – резьба М14х1,25, М – резьба М18х1,5,
- ◆ калильное число,
- ◆ длина резьбовой части корпуса: Н – 11 мм, С – 12,7 мм, Д – 19 мм,  
без буквы 12 мм,
- ◆ выступание теплового конуса изолятора за торец корпуса – В,
- ◆ герметизация термоцементом по соединению изолятор – центральный  
электрод – Т,
- ◆ порядковый номер конструкторской разработки.

# Электрооборудование автомобилей

## 4. Свечи зажигания

Свечи отечественного производства маркируются следующим образом:



# Электрооборудование автомобилей

## 4. Свечи зажигания

Маркировка свечей зажигания фирмы Bosch:

