

Электрооборудование автомобилей

Урок № 12

Тема: Системы
автоматического управления
оборудованием автомобиля

Электрооборудование автомобилей

Системы автоматического управления оборудованием автомобиля

План

1. Общие сведения о системах автоматического управления.
2. Двигатель – как объект управления.
3. Датчики электронных систем управления двигателем.
4. Электронные системы впрыска топлива.

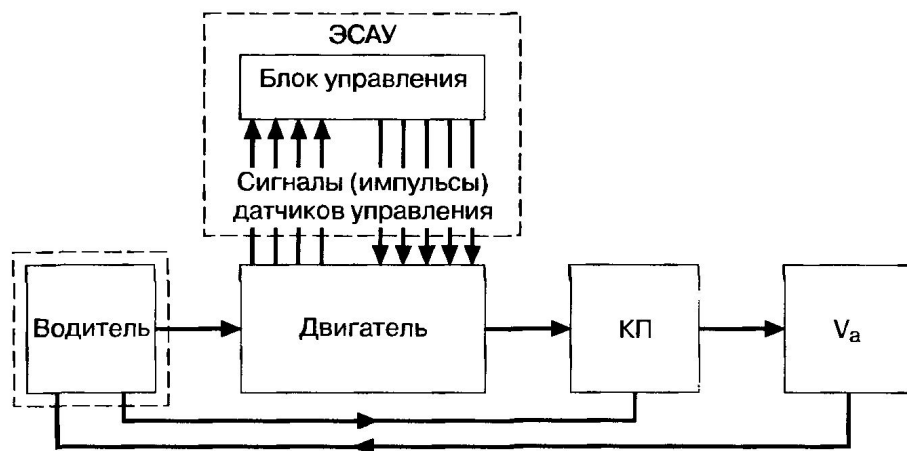
Электрооборудование автомобилей

1. Общие сведения о системах автоматического управления

Современные системы автоматического управления оборудованием автомобиля предусматривают внедрение электронных систем автоматического управления (ЭСАУ).

Центральным или главным объектом управления на автомобиле является двигатель.

Двигатель внутреннего сгорания в плане ЭСАУ представляет собой систему, которую рассматривают состоящей из отдельных подсистем:

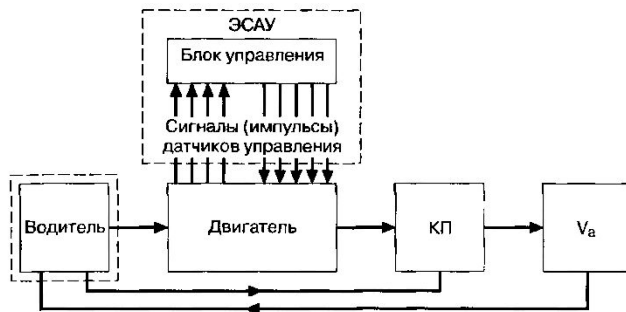


- ♦ подсистема топливоподачи,
- ♦ подсистема зажигания,
- ♦ подсистема охлаждения,
- ♦ подсистема смазки,
- ♦ подсистема холостого хода и т.д.

Электрооборудование автомобилей

1. Общие сведения о системах автоматического управления

Управление двигателем может рассматриваться только в непосредственной связи с управлением автомобилем.



Из приведенной структурной схемы управления автомобилем следует, что водитель, управляя углом открытия дроссельной заслонки двигателя и коробкой передач, задает скорость движения автомобиля.

С другой стороны, водитель, имея информацию о скорости движения автомобиля, задает режим работы двигателя.

Независимо от водителя ЭСАУ, получая с помощью датчиков расхода воздуха, топлива, положения дроссельной заслонки, подает импульсы на исполнительные устройства систем подачи топлива. В городском режиме движения, который отличается нестационарностью, ЭСАУ с целью экономии топлива, снижения уровня вредных выбросов выбирает наиболее оптимальный режим работы двигателя.

Электрооборудование автомобилей

2. Двигатель – как объект управления

К современным автомобильным двигателям предъявляется целый ряд требований, многие из которых противоречат друг другу:

- ♦ мощностные,
- ♦ экономические,
- ♦ экологические.

Выполнение всех требований одновременно и в полной мере **практически невозможно.**

Такие требования, как экологические жестко регламентированы нормами и являются обязательными.

Другие требования ограничиваются уровнем развития техники и являются конкурентоопределяющими.

Поэтому до начала разработки отрабатывается **концепция создания двигателя:**

высокоэкономичного, экологически чистого или высокофорсированного.

Электрооборудование автомобилей

2. Двигатель – как объект управления

Однако, выбрав концепцию, все равно учитывают весь комплекс предъявляемых двигателю требований и принимают разумный компромис.

Созданный автомобильный двигатель работает при изменении в широком диапазоне нагрузочного, скоростного и теплового режимов работы.

Эксплуатируется двигатель в основном на неустановившихся режимах:

- ♦ пуск и прогрев,
- ♦ разгон и торможение,
- ♦ нагружение (в том числе и резкое),
- ♦ сброс нагрузки,
- ♦ остановка двигателя.

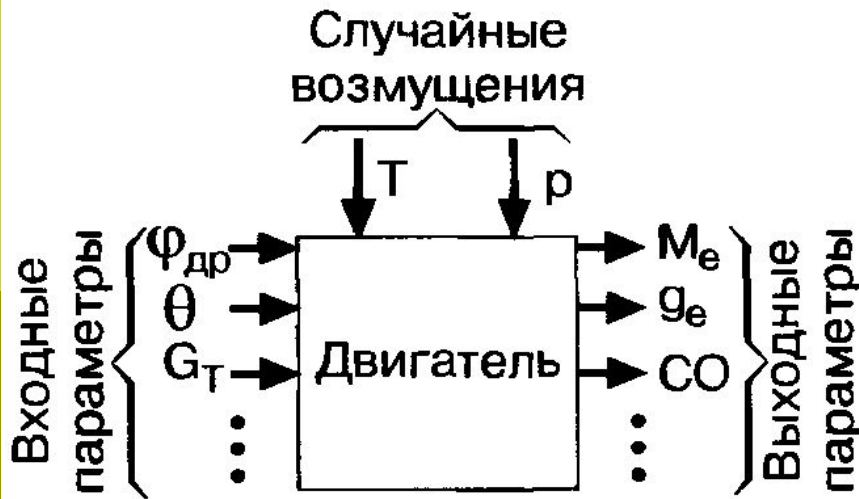
Возникает и ряд дополнительных требований – все это вызывает необходимость специального управления двигателем при неустановившихся режимах.

Как правило, высокое значение КПД двигателя достигается в небольшой части поля его рабочих характеристик.

Электрооборудование автомобилей

2. Двигатель – как объект управления

Получение наилучших результатов во всем диапазоне режимов и условий работы двигателя возлагается на электронные системы автоматического управления – в настоящее время – это микропроцессорные системы управления (МПСУ).



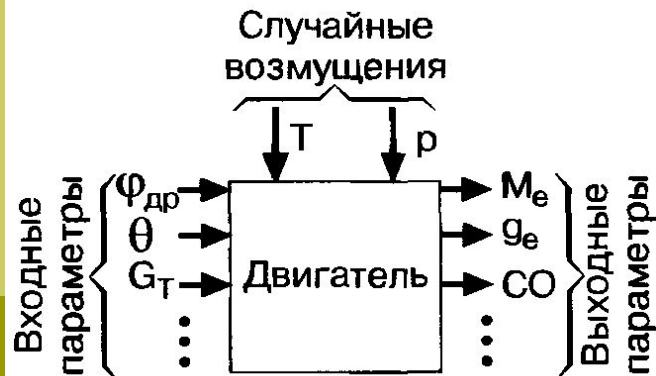
Двигатель, как объект управления, принято характеризовать набором из двух типов возмущений – управляющих (входных) и возмущающих, а также управляемых (выходных) параметров.

Входные параметры (угол открытия дроссельной заслонки $\Phi_{др}$, угол опережения зажигания Θ , цикловой расход топлива G_T и др.) – это те параметры, которые влияют на протекание рабочего цикла двигателя. Их значения определяются внешними воздействиями на двигатель - водителя или САУ – поэтому еще называются управляющими.

Электрооборудование автомобилей

2. Двигатель – как объект управления

Выходные параметры, называемые управляемыми, характеризуют состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся: частота вращения коленчатого вала, крутящего момента M_e , показатель топливной экономичности g_e и токсичности отработавших газов (например CO), а также другие.



Кроме входных управляющих параметров, на двигатель во время его работы воздействуют случайные возмущения, которые мешают оптимальному управлению. К случайным возмущениям относят изменение параметров состояния внешней среды (температура T , атмосферное давление p , влажность), свойства топлива и масла и т.д.

Для двигателей внутреннего сгорания характерна периодическая повторяемость рабочих циклов. Как объект управления двигатель считается нелинейным, т.к. реакция на сумму любых внешних воздействий не равна сумме реакций на каждое воздействие в отдельности.

Электрооборудование автомобилей

2. Двигатель – как объект управления

Учитывая, что двигатель в условиях городской езды работает на нестационарных режимах, возникает проблема оптимального управления им. **Возможность оптимального управления двигателем на нестационарных режимах появилась с развитием электронных систем управления.**

Автомобильный двигатель представляет собой многомерный объект управления, т.к. число входных параметров у него больше одного и каждый входной параметр воздействует на два и более выходных.

Входные управляющие воздействия поступают от внешних по отношению к двигателю систем. **Одной из основных внешних систем является водитель, но воздействует он на двигатель через микроконтроллер (если это МПСУ).**

Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

В современных системах управления входная информация поступает от датчиков трех типов: аналоговых, импульсных и релейных.

Так как цифровой элемент – микропроцессор не может обрабатывать аналоговые сигналы и, кроме того, учитывая, что характеристики датчиков зачастую нелинейны, на входе в блок управления устанавливаются аналого-цифровые преобразователи (АЦП), кодовые выходные сигналы которых наиболее просто линеаризуются в микропроцессоре.

В последнее время все большее распространение получают «интеллектуальные» датчики, имеющие собственные встроенные микропроцессорные устройства для первичной обработки аналогового сигнала в цифровой или внесения поправок с учетом характеристик датчика. Использование таких датчиков не только разгружает работу центрального процессора, но и повышает надежность работы системы, т. к. при передаче кодированной информации вместо первичного сигнала датчика увеличивается помехозащищенность системы. Такие датчики необходимы еще и в связи с возрастающим применением бортовых компьютерных и оптико-электронных систем связи (мультиплексных).

Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

Всю номенклатуру датчиков двигателей укрупнено можно разделить на две группы: функционально-необходимые и дополнительные.

К функционально-необходимым относятся датчики, без которых микроконтроллер вообще не может обеспечить работу двигателя. К этой группе относятся, прежде всего, датчики:

- ♦ положения коленчатого и/или распределительного валов,
- ♦ частоты вращения,
- ♦ содержания кислорода в отработавших газах (λ - зонд).

К ним также могут быть отнесены датчики, информация от которых позволяет предотвратить аварии. Это следующие датчики:

- ♦ давления смазочного материала,
- ♦ температуры в системах смазки и охлаждения.

К дополнительным относят датчики:

- ♦ расходов топлива и воздуха,
- ♦ давлений топлива в аккумуляторных системах дизелей и наддувочного воздуха.

Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

В современных системах автоматического управления двигателем для определения частоты вращения и положения коленчатого и распределительного валов используются датчики на эффекте Холла.

Суть эффекта Холла состоит в том, что если прямоугольный токопроводящий брусок K , по которому протекает ток I_a , поместить в магнитное поле B , то на третьих боковых гранях бруска будет наводиться ЭДС E_x , которая по имени ее открывателя названа ЭДС Холла.

Если магнитные силовые линии поля B в зазоре P перекрыть магнитонепроницаемой шторкой, ЭДС Холла исчезает. Если шторку убрать, то ЭДС Холла появляется.

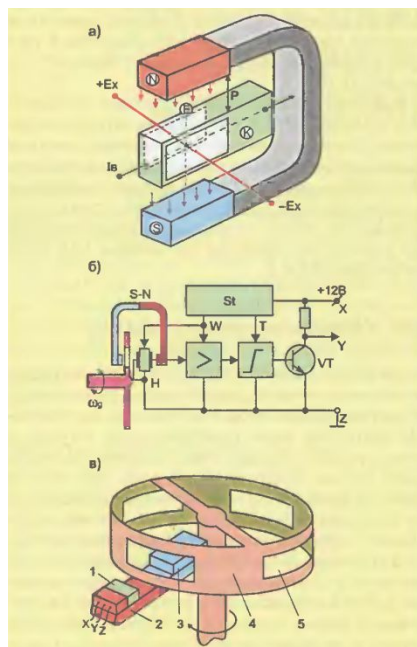


Рис. 21.3. Датчик Холла для системы зажигания:
а — модель элемента Холла; б — электросхема датчика Холла; в — конструктивный макет; 1 — элемент Холла; 2 и 3 — северный и южный полюсы постоянного магнита NS; 4 — вращающийся магнитный аттенюатор; 5 — магнитопрозрачное окно; X, Y, Z — контакты микросхемы элемента Холла.

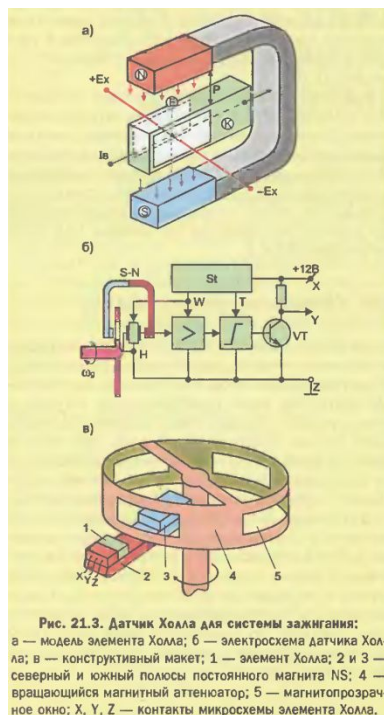
Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

Таким образом, элемент Холла совместно с магнитной шторкой образуют датчик, в котором чувствительным элементом является шторка, а преобразователем – элемент Холла. Т.к. для работы датчика требуется внешний источник, то он является пассивным датчиком. Для устойчивой

работы и стабилизации выходного сигнала датчика элемент Холла собирается на полупроводниковой микросхеме вместе с электронной схемой. В микроэлектронную схему вводят: усилитель-ограничитель W , формирователь на триггере Шмидта T , эмиттерный повторитель VT и стабилизатор St напряжения питания.

В реальном датчике Холла микросхема 1 и постоянный магнит 2, 3 установлены неподвижно и разделены вращающимся аттенуатором (шторкой) 4, который выполнен в виде полого цилиндра с магнитопрозрачными окнами.

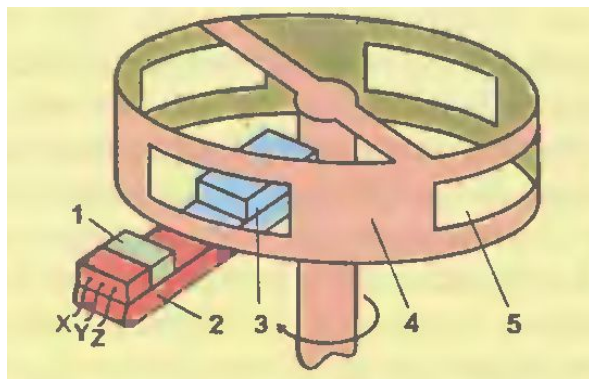


Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

Выходной сигнал такого датчика представляет последовательность прямоугольных импульсов со стабильной амплитудой и формой, которые не зависят от скорости переключения датчика.

Число импульсов в единицу времени и их длительность определяются частотой вращения магнитного attenuатора и числом окон на нем.



Число окон на attenuаторе равно числу цилиндров ДВС. Длительность каждого импульса при конкретной частоте определяется размером окна attenuатора по периметру его окружности. Окно для первого цилиндра шире остальных, благодаря чему может быть зафиксирована точка начала отсчета.

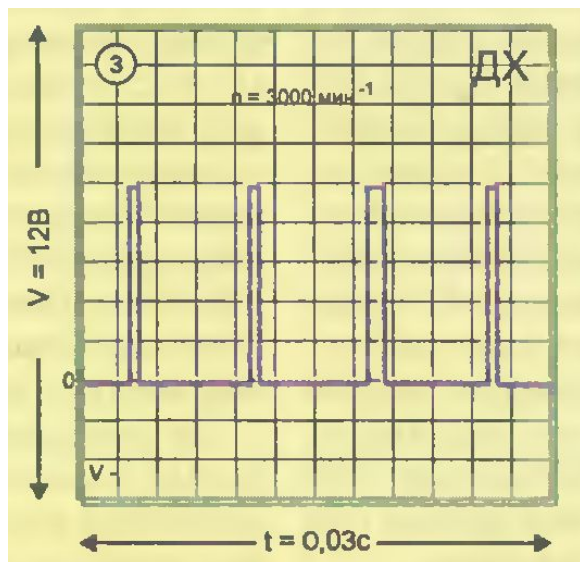
Таким образом, с помощью датчика Холла и электронной схемы обработки его выходного сигнала могут быть определены три главных входных параметра для системы зажигания:

Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

- ♦ частота вращения коленчатого вала ДВС,
- ♦ положение коленчатого вала относительно верхней мертвой точки для любого цилиндра в любой момент времени,
- ♦ положение точки начала отсчета.

Безинерционность датчика и стабильность параметров сигнала позволяют реализовать управление углом опережения зажигания в каждом такте, то есть для каждого цилиндра в отдельности.

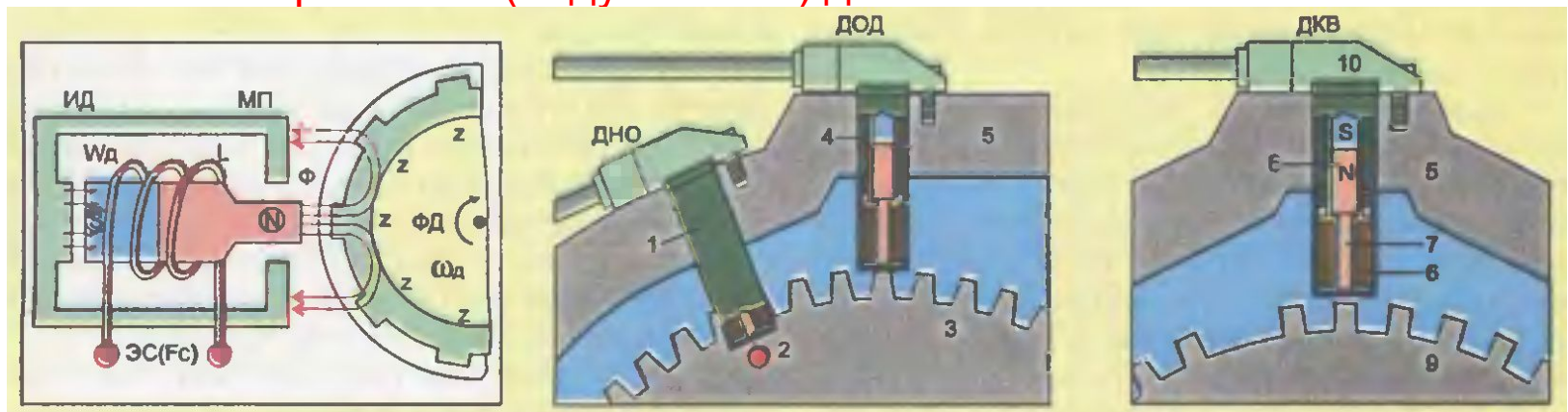


Представлена типичная форма сигнала датчика Холла углового положения и частоты вращения коленвала ДВС. В датчике Холла сигнал импульсный, с постоянной амплитудой. Провала в последовательности импульсов нет, а импульс начала отсчета имеет увеличенную длительность. Благодаря этому электронная схема в электронном блоке управления (ЭБУ) легко «находит» импульс начала отсчета.

Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

Иногда в качестве датчиков частоты вращения и углового положения коленчатого вала двигателя вместо датчика Холла используются активные магнитоэлектрические (индуктивные) датчики.

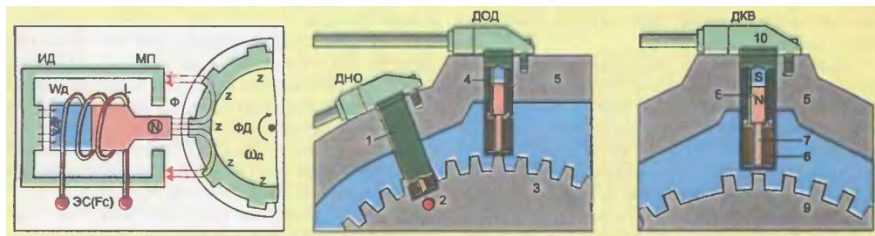


Основными составными частями индуктивного датчика являются катушка индуктивности L с постоянными магнитами NS и зубчатый диск $\Phi Д$, зубцы Z , которого выполнены из ферромагнитного материала (чувствительный элемент).

Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

Принцип действия индуктивного датчика основан на первом законе электромагнитной индукции и заключается в том, что увеличение или уменьшение магнитного потока Φ через витки W_d катушки индуктивности вызывает возникновение в них ЭДС $E_d = W_d d\Phi / dt$. В соответствии с приве-



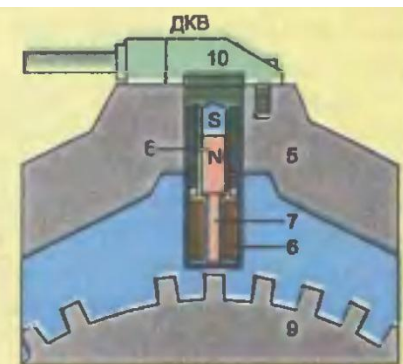
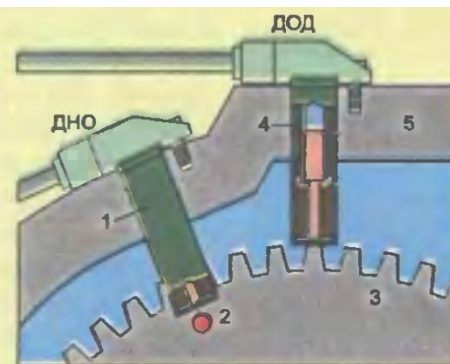
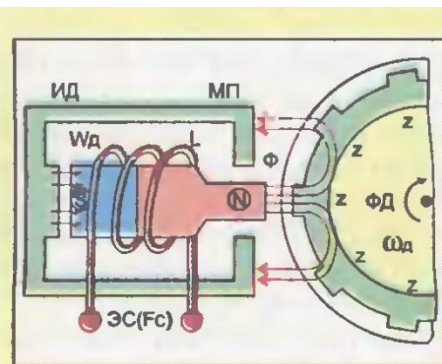
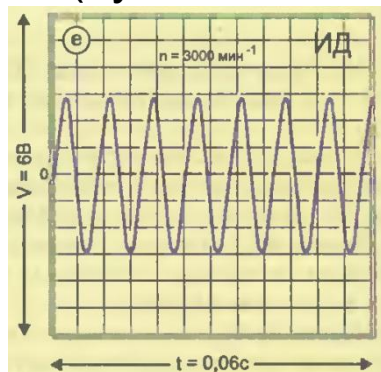
денной моделью один полюс магнита (северный N) выступает в сторону зубцов Z ферромагнитного диска ФД, а другой (южный S) упирается в цилиндрический магнитопровод МП. Магнитопровод МП, выступающий торец N постоянного магнита совместно с зубцами Z ферромагнитного диска ФД и воздушные зазоры образуют магнитную цепь датчика. При вращении диска ФД (коленвала ДВС) величина рабочего воздушного зазора постоянно изменяется – от минимума, когда зубец находится под магнитным щупом датчика, до максиму-

ма – когда под щуп попадает впадина между зубцами. Изменение рабочего зазора вызывает изменение его магнитного сопротивления и потока Φ .

Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

Это приводит к появлению знакопеременной ЭДС в витках W_d катушки L . Эта ЭДС имеет почти синусоидальную форму, точка перемены знака (нулевая точка), которой соответствует середине вершины зубца.



Нулевая точка может быть легко зафиксирована с помощью несложной обработки ЭДС $\mathcal{E}_d$ в электронной схеме. Это позволяет достаточно точно определять угловое положение каждого зубца диска (а значит и коленвала) относительно начала точки отсчета.

Индуктивный датчик устанавливается так, чтобы его магнитный щуп находился в непосредственной близости ($0,5 \div 1,5 \text{ мм}$) к ферромагнитным зубцам диска, а сам диск располагается либо на переднем, либо на заднем торце коленвала. Такой датчик иногда называют датчиком оборотов двигателя (ДОД), датчиком угловых импульсов (ДУИ), датчиком начала отсчета (ДНО).

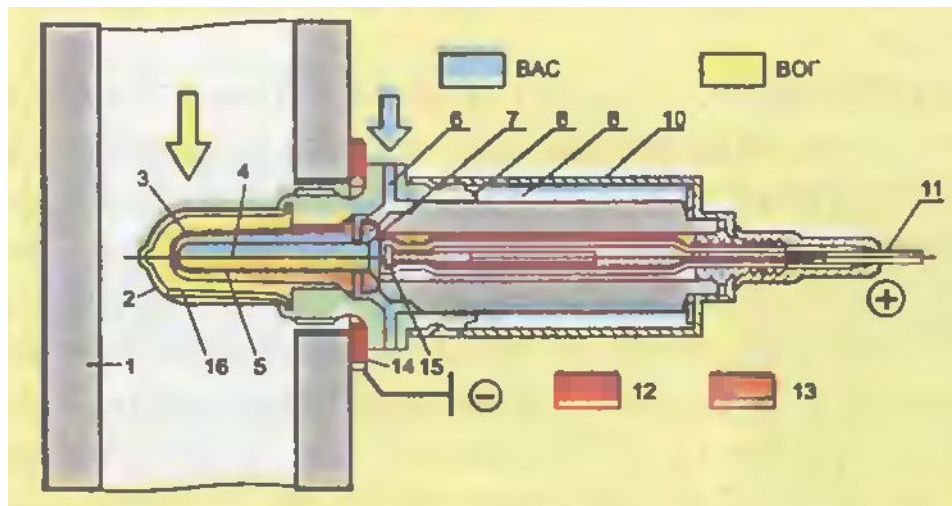
Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

На современном автомобиле для решения проблемы нейтрализации токсичных веществ в выхлопных отработавших газах (ВОГ) применяются датчики концентрации кислорода (ДКК) (λ -зонды), которые устанавливаются в выпускном тракте двигателя.

Известны два типа датчиков кислорода. В одном из них в качестве чувствительного элемента используется диоксид циркония ZrO_2 , во втором – диоксид титана TiO_2 . Оба типа датчиков реагируют на парциальное давление кислорода. Парциальное давление равно давлению одного из компонентов

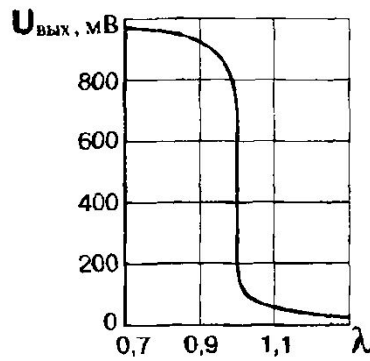
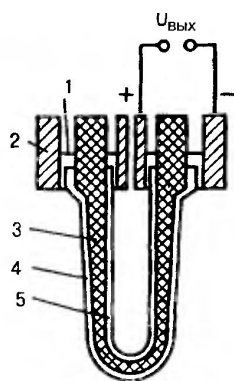
газовой смеси, если в объеме, занятом газовой смесью, этот компонент остался бы один. Общее давление компонентов газовой смеси равно сумме их парциальных давлений.



Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

Циркониевый датчик имеет два электрода – внешний 4 и внутренний 5. Оба электрода выполнены из пористой платины или ее сплава и разделены слоем твердого электролита. Электролитом является диоксид циркония ZrO_2 с добав-



лением оксида иттрия Y_2O_3 для повышения ионной проводимости электролита. Среда, окружающая внутренний электрод имеет постоянное парциальное давление кислорода.

Внешний электрод омывается потоком отработавших газов в выпускной системе двигателя с переменным парциальным давлением кислорода. Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внешнем и внутреннем электродах, обуславливает появление разности потенциалов между ними.

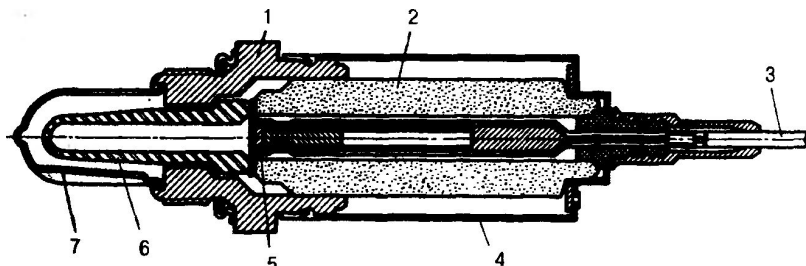
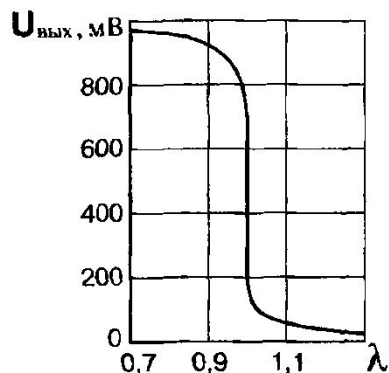
При низком уровне парциального давления кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной смеси ($\lambda < 1$), датчик, как гальванический элемент, генерирует высокое напряжение ($700 \div 1000$ мВ).

Электрооборудование автомобилей

3. Датчики электронных систем управления двигателем

При переходе на обедненную смесь ($\lambda > 1$) парциальное давление кислорода в отработавших газах заметно увеличивается, что приводит к резкому падению напряжения на выходе датчика до $50 \div 100$ мВ. Такое резкое падение напряжения датчика при переходе от обогащенных к обедненным смесям

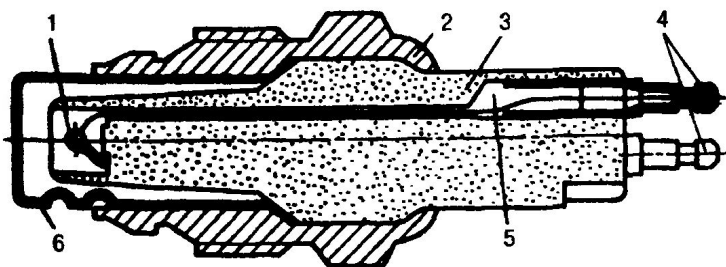
позволяет определить стехиометрический состав смеси с погрешностью не более $\pm 0,5\%$.



Конструкция
циркониевого
датчика
кислорода

Принцип работы датчика кислорода на базе диоксида титана TiO_2 основан на

изменении электропроводности TiO_2 при изменении парциального давления кислорода в выпускной системе. Конструкция датчика представлена на нижнем рисунке.



Электрооборудование автомобилей

4. Электронные системы впрыска топлива

Применение систем впрыскивания топлива взамен традиционных карбюраторов позволяет обеспечить:

Повышение топливной экономичности,

Снижение токсичности отработавших газов.

Системы впрыскивания топлива позволяют в большей степени по сравнению с карбюраторами с электронным управлением оптимизировать процесс смесеобразования.

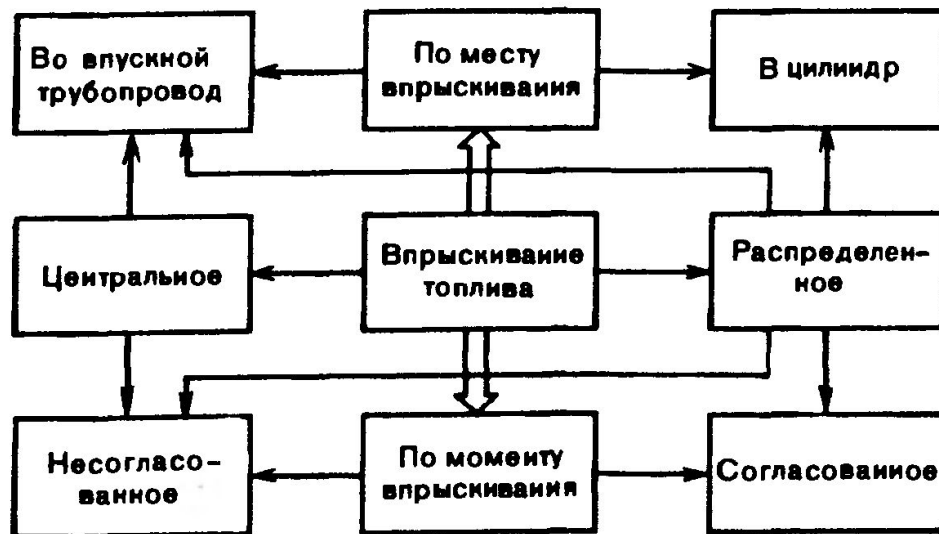
Однако следует отметить, что системы впрыскивания топлива сложнее систем топливоподдачи с использованием карбюраторов из-за большего числа подвижных прецизионных механических элементов и электронных устройств и требуют более квалифицированного обслуживания в эксплуатации.

По мере развития систем впрыскивания топлива на автомобили устанавливались механические, электронные, аналоговые и цифровые системы. К настоящему времени структурные схемы систем впрыскивания топлива в основном стабилизировались.

Электрооборудование автомобилей

4. Электронные системы впрыска топлива

Классификация способов впрыскивания топлива



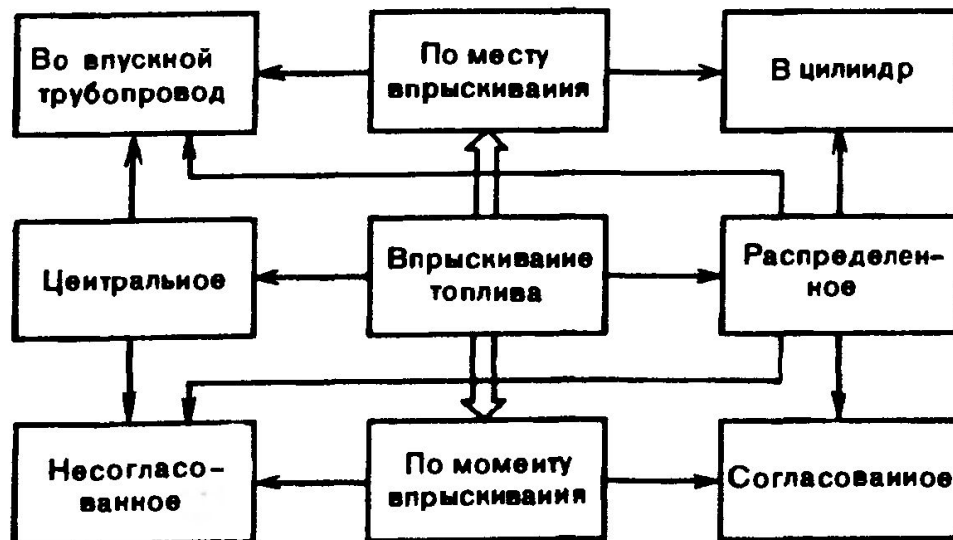
времени, согласованный с открытием соответствующих впускных клапанов цилиндров (согласованное впрыскивание).

Системы распределенного впрыскивания топлива позволяют повысить приемистость автомобиля, надежность пуска, ускорить прогрев и увеличить мощность двигателя.

При распределенном впрыскивании топливо подается в зону впускных клапанов каждого цилиндра группами форсунок без согласования момента впрыскивания с процессами впуска в каждый цилиндр (не согласованное впрыскивание) или каждой форсункой в определенный момент

Электрооборудование автомобилей

4. Электронные системы впрыска топлива



При центральном впрыскивании топливо подается одной форсункой, устанавливаемой на участке до разветвления впускного трубопровода. Существенных изменений в конструкции двигателя нет. Система центрального впрыскивания практически взаимозаменяема с карбюратором и может применяться на уже эксплуатируемых двигателях.

При центральном впрыскивании по сравнению с карбюратором обеспечивается большая точность и стабильность дозирования топлива.

Система центрального впрыскивания особенно эффективна в отношении повышения топливной экономичности в сочетании с цифровой системой зажигания.

Электрооборудование автомобилей

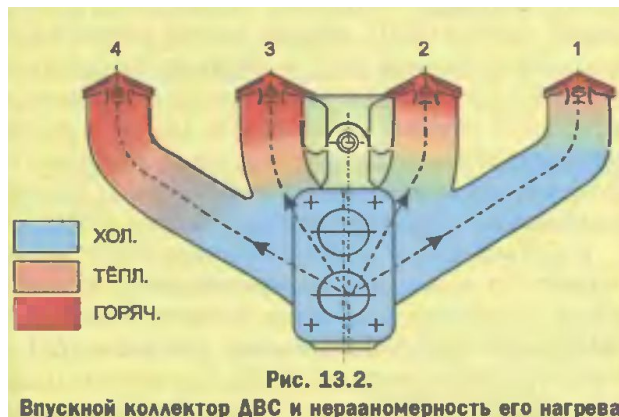
4. Электронные системы впрыска топлива

Конструкция системы центрального впрыскивания существенно проще системы распределенного впрыскивания.

Кроме того, у систем распределенного впрыскивания по сравнению с центральным впрыскиванием больше погрешность дозирования топлива из-за малых цикловых подач.

Идентичность состава горючей смеси по цилиндрам в большей степени зависит от неравномерности дозирования топлива форсунками, чем от конструкции впускной системы.

При подаче топлива от карбюратора через впускной коллектор топливная смесь имеет разную температуру на входе в цилиндр.



За счет применения системы топливного питания с впрыском бензина современные двигатели имеют преимущества по сравнению с карбюраторными: более экономичны, более высокая удельная мощность, постоянство крутящего момента в широком диапазоне частот вращения, более экологичны.

Электрооборудование автомобилей

4. Электронные системы впрыска топлива

Классификация систем впрыска топлива по группам

