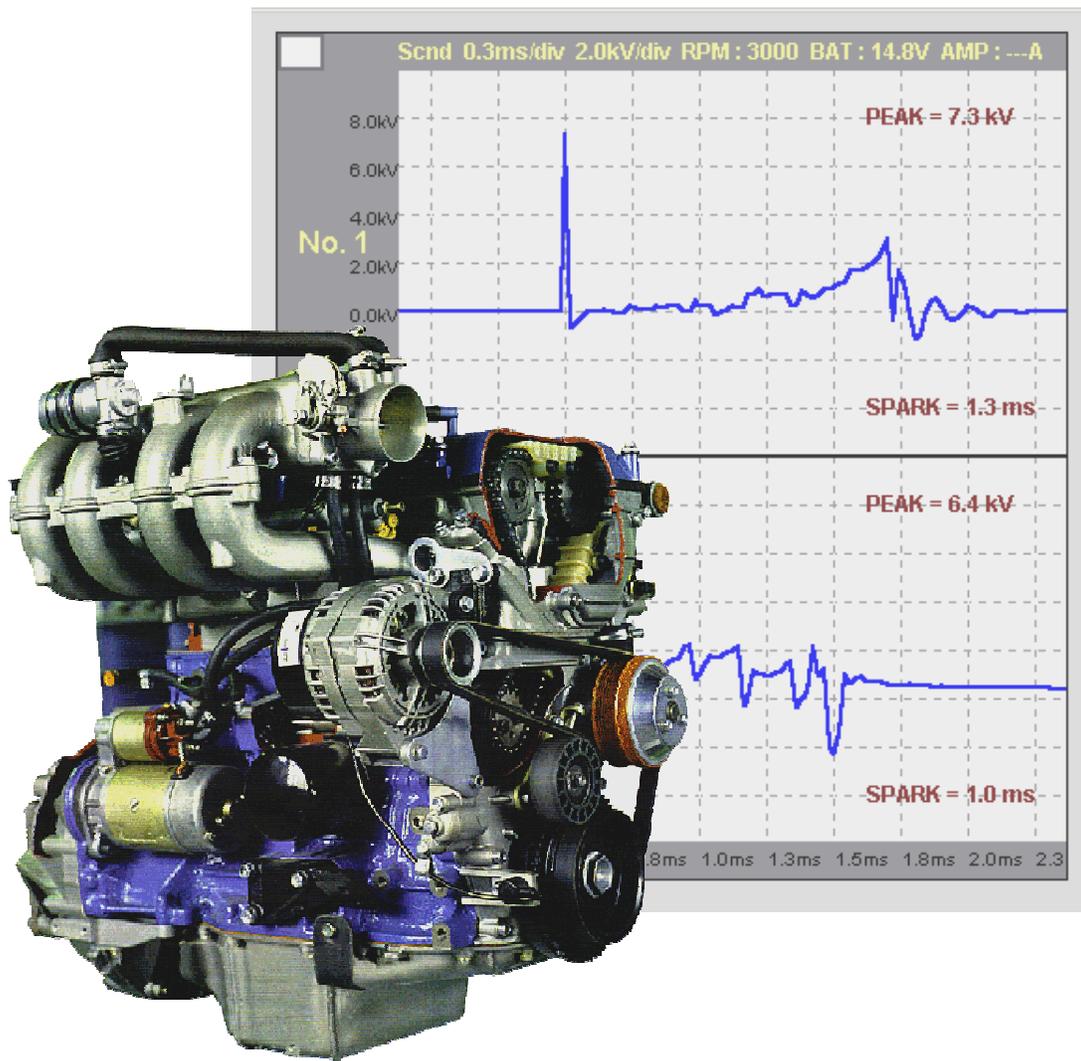




Учебный курс



Компания ДИАМАКС
Москва-2003

Структура курса

Тема 1. Общие принципы построения и функционирования систем управления двигателями.

Лекция 1. Назначение, принципы работы СУД, критерии управления.

Лекция 2. Системы зажигания.

Лекция 3. Топливо-эмиссионные системы.

Тема 2. Конструктивные особенности различных СУД.

Лекция 1. Сигнальные тракты СУД.

Лекция 2. Исполнительные тракты СУД.

Тема 3. Технические средства диагностирования и контроля технического состояния СУД.

Лекция 1. Технические средства диагностики.

Тема 4. Диагностирование СУД с использованием технических средств.

Лекция 1. Диагностирование СУД с использованием технических средств.

Практические занятия:

Тема 1. Анализ состава выхлопных газов автомобиля с использованием 4-х компонентных газоанализаторов.

Тема 2. Анализ состояния высоковольтного тракта с использованием мотортестеров.

Тема 3. Проверка состояния электронных систем автомобиля с использованием сканеров.

Тема 4. Проверка состояния сигнальных и исполнительных трактов системы управления двигателем с использованием сканеров и мультиметров.

Тема 5. Имитация сигналов датчиков системы управления двигателем с использованием мультиметра (DSN-PRO).

Тема 6. Поиск и устранение неисправности системы управления двигателем с использованием комплекса диагностических приборов.

Тема № 1

Системы управления двигателями.

Общие принципы построения и функционирования.

Лекция №1

Назначение, принципы работы систем управления двигателями. Критерии управления.

Учебные вопросы:

1. Назначение систем управления двигателями;
 - 1.1 Основные функциональные задачи СУД;
 - 1.2 Принципы управления;
 - 1.3 Критерии управления.
2. Состав отработавших газов бензиновых ДВС
3. Функциональная схема комплексной СУД.
 - 3.1 Принципы функционирования СУД
 - 3.2 Подсистемы СУД.

1. Назначение систем управления двигателями.

1.1 Основные функциональные задачи СУД.

Двигатель является устройством, выполняющим функцию управляемого преобразования химической энергии топлива в механическую работу (энергию).

Как объект управления двигатель характеризуется:

входными параметрами – параметрами, влияющими на протекание рабочего процесса в двигателе. Их значения определяются внешними воздействиями на двигатель со стороны водителя или СУД, поэтому их также называют управляющими. К их числу можно отнести:

- угол открытия дроссельной заслонки $\varphi_{др}$;
- угол опережения зажигания θ ;
- цикловая подача $G_{ци}$;
- цикловое наполнение двигателя $G_{вц}$ и т.д.;

выходными (управляемыми) параметрами, характеризующими состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся:

- частота вращения коленчатого вала n ;
- отдаваемая мощность на валу P ;
- крутящий момент M_b ;
- показатель топливной экономичности g_e ;
- показатели токсичности отработавших газов (содержание CO , CH , NO_x) и др.;

внутренними параметрами или параметрами состояния, характеризующими рабочие процессы, состояние обеспечивающих систем, конструктивные особенности двигателя.

Например:

- температура двигателя $T_{дв}$;
- напряжение в электрической сети U_0 ;
- степень сжатия рабочей смеси и пр.;

внешними воздействиями, носящими случайный характер и мешающими управлению. К ним могут быть отнесены:

- температура атмосферного воздуха T ;
- атмосферное давление p ;
- влажность воздуха h и т.п

Назначение системы управления состоит в том, чтобы обеспечить оптимальный состав рабочей смеси в цилиндрах двигателя и воспламенить её в цилиндре двигателя в определённый момент времени.

Состав рабочей смеси характеризуется двумя основными показателями:

- отношением количества топлива и воздуха в составе смеси показатель – «лямбда» (λ);
- гомогенностью (однородностью) т. е. качеством смешивания составных частей смеси.

Момент воспламенения смеси определяется углом опережения зажигания.

1.2 Принципы управления.

Принцип управления дает общее представление о способе управления объектом управления. Он показывает, как объект управления должен реагировать на возмущения и управляющие сигналы. Охарактеризуем принципы, заложенные в основу построения существующих систем управления (СУД).

Автомобильный двигатель представляет собой систему, состоящую из отдельных подсистем: топливно-эмиссионной, зажигания, охлаждения, смазки и т.д. Все системы связаны друг с другом и при функционировании они образуют единое целое.

Управление двигателем нельзя рассматривать в отрыве от управления автомобилем. Скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя зависят от скоростных режимов движения автомобиля в различных условиях эксплуатации, которые включают в себя разгоны и замедления, движение с относительно постоянной скоростью, остановки.

Водитель изменяет скоростной и нагрузочный режим двигателя, воздействуя на передаточное отношение трансмиссии автомобиля и педаль акселератора (дроссельную заслонку). Выходные характеристики двигателя при этом зависят от состава топливовоздушной смеси и угла опережения зажигания, управление которыми осуществляется с помощью механических, электронно-механических или электронных систем управления двигателем, автоматически (рис. 1.1.1).

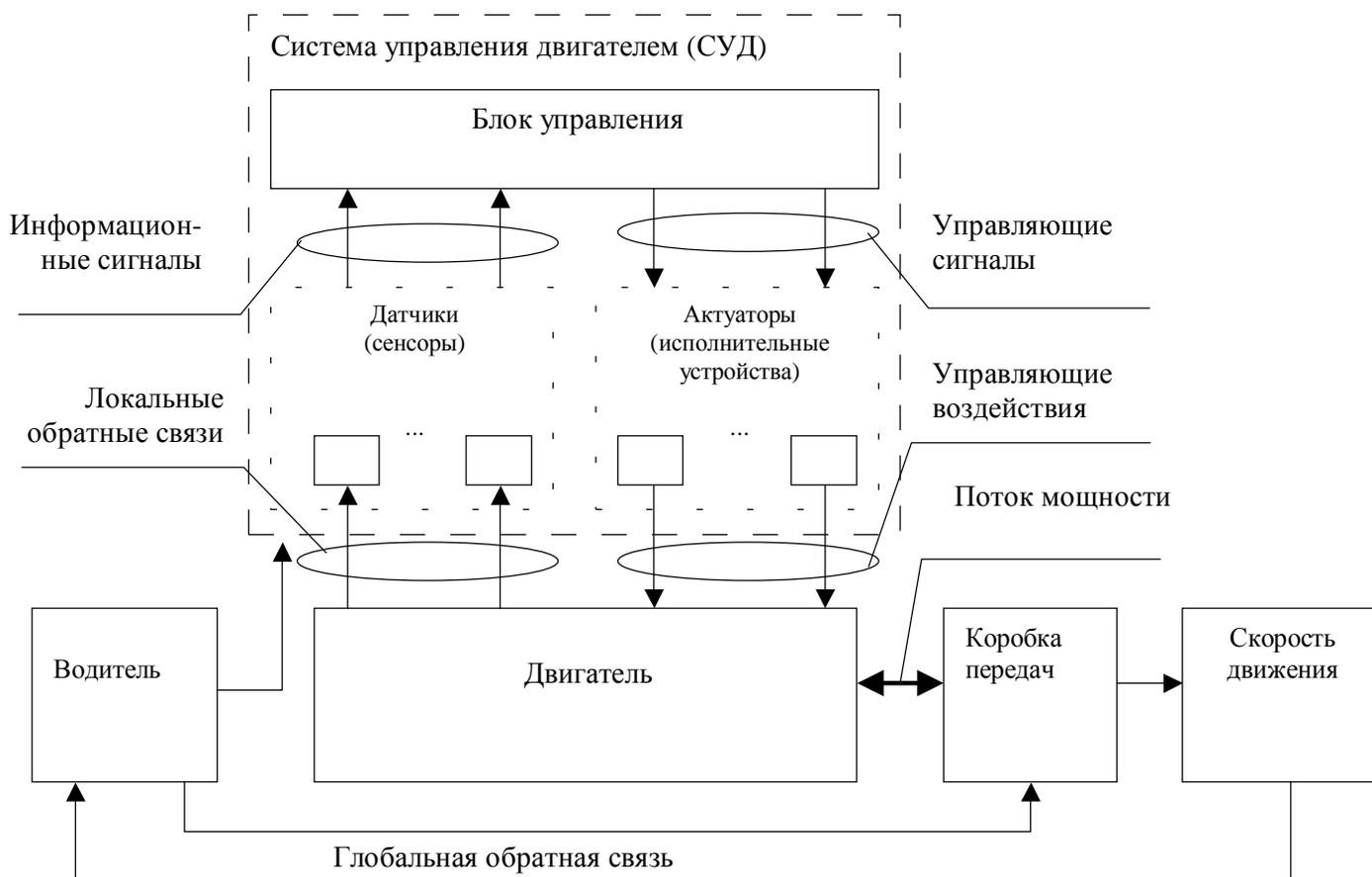


Рис. 1.1.1 Управление автомобильным двигателем

Для двигателя внутреннего сгорания характерна периодическая повторяемость рабочих циклов. Поэтому важным принципом управления двигателем является цикличность управления. Это обуславливает необходимость согласования частотных параметров управляющих воздействий с частотой рабочих циклов двигателя. Иными словами, СУД должна успевать воспринимать информацию о состоянии двигателя, обрабатывать ее и передавать соответствующие управляющие воздействия на двигатель в течение ограниченных по времени тактов рабочего цикла (2-3 мс), что накладывает жесткие требования на быстродействие СУД.

Как объект управления двигатель является нелинейным, так как реакция на сумму любых внешних воздействий не равна сумме реакций на каждое из воздействий в отдельности. Учитывая, что двигатель обычно работает на нестационарных (переменных во времени) режимах, возникает проблема оптимального и адаптивного (самоадаптивного) управления двигателем. Принципы оптимального и адаптивного управления оказалось возможным реализовать благодаря развитию электронных систем управления.

Следует заметить, что для построения оптимальных адаптивных управляющих систем требуется наличие математических моделей объекта управления. Из-за сложности конструкции, наличия допусков на размеры деталей, двигатели одной и той же модели имеют различные характеристики. Кроме того, по конструктивным параметрам отличаются и отдельные цилиндры многоцилиндрового двигателя. В этой связи, общие, достаточно точные и полные математические модели двигателей внутреннего сгорания в традиционном аналитическом виде в настоящее время отсутствуют (это характерно для большинства сложных технических систем). Выход находят в построении эмпирических

зависимостей между параметрами индивидуальных типов двигателей и представлении их в форме таблиц. Эти таблицы содержат большие объемы данных и могут быть использованы в системах управления только при наличии средств вычислительной техники, обладающей достаточным объемом памяти и высокой вычислительной мощностью.

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. В таком случае система управления должна быть многомерной. Для многомерных объектов управления таблицы зависимостей между параметрами должны быть также многомерными. Такие таблицы и их графическое представление называют характеристическими картами. Более подробно мы остановимся на них ниже.

Широкое распространение автомобильных двигателей предопределило большое разнообразие их конструкций. Это приводит к многовариантности систем управления. Так, если в карбюраторных системах топливоподачи практически не используется электроника, то современные системы впрыска топлива создаются только на основе управления электронными системами. А это приводит, в свою очередь к взаимовлиянию развития электронной (и, прежде всего, вычислительной) техники на конструктивную реализацию проектируемых двигателей.

На основании вышеизложенного сформулируем основные принципы управления двигателем:

- Цикличность управляющих воздействий, синхронизированная с тактами рабочего цикла двигателя;
- Сочетание программного управления с обратными связями;
- Оптимальность и адаптивность управления.

1.3 Критерии управления.

Выбор критериев управления диктуется целями или целевыми задачами, решаемыми объектом управления.

Автомобильный двигатель – сложная система, целевые задачи которой соответствуют потребностям различных групп людей и противоречивы уже хотя бы поэтому. Так, перед конструктором двигателя стоит проблема сделать максимально надежный, максимально мощный двигатель. Потребитель ожидает появления на рынке предельно простого в эксплуатации, дешевого и экономичного автомобиля; соответствующих качеств он ожидает и от двигателя. Легкий, бесшумный, экологически чистый двигатель – требование борцов за охрану окружающей среды. Система управления двигателем как система, обеспечивающая его оптимальное функционирование, подчинена целевым задачам управляемой системы, т.е. собственно двигателя.

Считается что основное предназначение систем управления двигателем состоит в обеспечении: (1) максимальной мощности двигателя при (2) минимальном расходе топлива (энергии), да вдобавок к этому, - обеспечении (3) минимального содержания вредных веществ в выхлопных газах. Можно показать, что такой идеальной системы управления (удовлетворяющей сразу всем этим критериям) в природе не существует.

Предположим, что содержание вредных веществ в выхлопных газах зависит от качества рабочей смеси, поступающей в цилиндры поршневого двигателя. (А это верно и ниже будет рассмотрено более детально). Вначале качество смеси охарактеризуем

словесно: богатая, бедная и нормальная, что соответственно означает избыток, недостаток и рациональное относительное содержание топлива в ее составе. Представленные на рис. 1.1.2. зависимости мощности и экономичности двигателя от качества смеси говорят о том, что максимальной мощности можно добиться при богатой смеси, минимума расхода – при обедненной.

Принципиально невозможно создать такую систему управления, которая одновременно удовлетворяла бы критериям максимума мощности и минимума расхода. Принципиально – потому, что смесь не может быть и бедной и богатой одновременно.

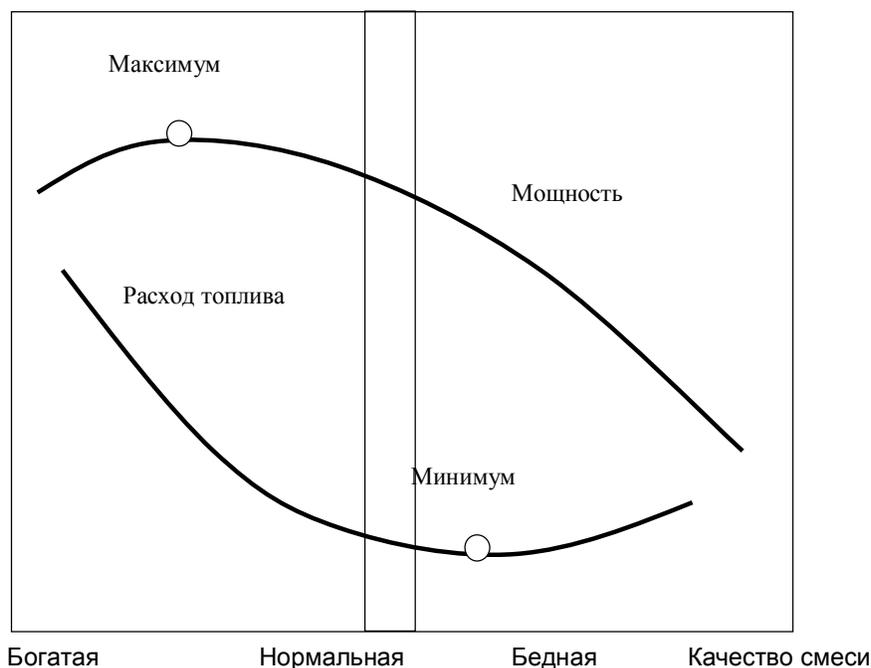


Рис. 1.1.2.

В угоду мощности можно пожертвовать некоторым количеством топлива, обогащая смесь, что, кстати и делается на отдельных режимах работы двигателя (например, при запуске, на режимах максимальных нагрузок) или на отдельных классах автомобилей. Это приводит к интенсивному образованию нагара, повышенным нагрузкам на механизмы и узлы двигателя и автомобиля и, как следствие, к резкому снижению надежности двигателя, его ресурса.

В интересах повышения экономичности АД некоторые производители специально обедняют рабочую смесь. При этом возникают тенденции к детонации, двигатель перегревается из-за медленного сгорания топлива. В итоге – тот же эффект. Как найти компромисс между этими взаимно исключаящими друг друга требованиями? Компромисс был найден. В его основе – последний из приведенных критериев – экологическая безопасность автомобильного транспорта.

Системы управления создают прежде всего для обеспечения стабильной и экологически безопасной работы двигателя.

Следовательно, правильнее было бы определить систему управления двигателем как такую систему, которая стремится обеспечить максимально безопасную (с точки зрения охраны окружающей среды) работу двигателя, при приемлемых мощности и экономичности двигателя. Ниже будет показано, что такое стремление на большинстве режимов достигается весьма успешно, однако в ряде случаев конструкторам не удается полностью избавиться от вредоносности автомобильных выбросов.

2. Отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания.

В автомобилях в качестве приводных двигателей используются почти исключительно только двигатели внутреннего сгорания (тепловые двигатели). При этом химически связанная в топливе энергия преобразуется в тепловую энергию и в результате действия давления газа в механическую кинетическую энергию.

Топливо для бензиновых и дизельных двигателей состоит из различных углеводородных соединений. При сгорании углеводороды расщепляются на углерод и водород и оба соединяются с кислородом всасываемого воздуха. Воздух при нормальных условиях содержит 21% об. кислорода.

Полное сгорание происходит, когда с воздухом смешивается именно столько топлива, сколько необходимо для окисления с данным кислородом. При идеальном полном сгорании возникают не вредные для здоровья вещества, а двуокись углерода и вода.

В реальном процессе наряду с безвредными выхлопными газами азотом (N), водяным паром (H₂O) и двуокисью углерода (CO₂) в качестве продуктов неполного сгорания появляются окись углерода (CO), частично несгоревшие углеводороды (HC) и угарные газы (NO_x), а также двуокись серы (SO₂) и копоть.

Возникающие вредные вещества существенно зависят от процесса сгорания. В бензиновом двигателе всасывается воздушно-топливная смесь и воспламеняется искрой незадолго до конца такта сжатия (постороннее зажигание). Температура сжатия не так высока, чтобы наступило самовоспламенение. Температура самовоспламенения топлива должна быть относительно высокой, чтобы смесь не воспламенялась сама по себе при подъеме температуры в результате сжатия. Это свойство выражается также устойчивостью против детонации. Мерой для этого служит октановое число. Чем выше октановое число, тем выше антидетонационность. Различают ROZ (октановое число по исследовательскому методу) и MOZ (октановое число по моторному топливу), которые определяются по различным методам. Топливо должно иметь следующее октановое число:

Обычный бензин - минимум 91 ROZ

Супер (Eurosuper) – минимум 95 ROZ

Супер плюс - минимум 98 ROZ

Оценка пропорции топлива и воздуха в смеси осуществляется по коэффициенту избытка воздуха или так называемому коэффициенту «лямбда». Коэффициент избытка воздуха λ (в отечественной литературе - α) - это отношение всасываемого двигателем и затем израсходованного количества воздуха L к количеству воздуха, необходимому для полного сгорания, т.е. $\lambda = L/L_T$ (L_T - теоретическая потребность в воздухе). Теоретически полное сгорание топливной смеси для бензина происходит при соотношении воздух/топливо, равном 14,7:1 (по массе), т.е. 14,7 кг воздуха приходится на 1 кг топлива. Это соотношение называют стехиометрическим. Объемное стехиометрическое соотношение составляет примерно 10 000:1, т.е. на полное сгорание 1 литра топлива необходимо затратить 10 000 литров воздуха.

Если фактическое отношение воздуха к топливу в смеси меньше 14,7, то $I < 1$ и смесь является богатой и, наоборот, - бедная смесь характеризуется большей 14,7 величиной пропорции воздух/топливо и соответственно значением $I > 1$.

Иными словами, нормальная рабочая смесь соответствует стехиометрической пропорции (для бензина, равной 14,7) или $I = 1$.

Если во всасываемый воздух добавляется больше топлива, то получается богатая смесь ($\lambda < 1$) и углеводороды сгорают лишь частично. Содержание HC и CO в выхлопном газе соответственно повышается. При бедной смеси ($\lambda > 1$) топливо полностью сгорает и в выхлопном газе остается кислород. В результате плохого сгорания, однако, снова повышается доля HC при растущей лямбде.

Возникающие главным образом при неполном сгорании газы – ядовиты и поэтому мировое сообщество принимает законы, ограничивающие вред, причиняемый автомобильным транспортом атмосфере и людям.

Возникновение и свойства вредных веществ

Оксид углерода. Оксид углерода появляется главным образом при недостатке воздуха ($\lambda < 1$), т.е. при богатой смеси, если подается слишком много топлива. При недостатке топлива, т.е. при избытке воздуха ($\lambda > 1$) и бедной смеси, концентрация CO в выхлопном газе, в основном, основана на неоднородном распределении смеси и на колебаниях состава смеси от цикла к циклу CO - это газ без цвета и запаха. Он лучше кислорода присоединяется к гемоглобину крови и поэтому приводит к отравлению.

Углеводороды. Как и у окиси углерода, недостаток воздуха ($\lambda < 1$) приводит к неполному сгоранию и, вместе с тем, к эмиссии несгоревших и частично сгоревших углеводородов. В области $\lambda > 1,1$ из-за плохого сгорания повышается доля HC, а при более высоких значениях появляется неравномерный ход работы двигателя.

Эмиссии углеводородов появляются также, когда смесь через зазоры между поршнем и цилиндром попадает в картер двигателя. К тому же появляются потери при испарении из топливного бака и карбюратора. В результате соответствующей вентиляции эти углеводороды сгорания могут подаваться также через управляемый клапаном фильтр с активированным углем.

Отработанные газы содержат разные виды углеводородов:

- насыщенные углеводороды (парафины) почти не имеют запаха и обладают наркотическим действием с легким раздражением слизистой оболочки;
- ненасыщенные углеводороды (олефины, ацетилены) имеют слегка сладковатый запах с частичным раздражением слизистой оболочки. Они участвуют в образовании смога и озона;
- ароматические углеводороды имеют характерный запах. Это яды, поражающие нервную систему, с наркотическим и, частично, вызывающим рак действием.

Угарные газы. Высокая максимальная температура и высокое давление в камере сгорания вызывают определенное окисление находящегося в смеси азота. Наряду с окисью азота (NO) образуются в небольшом количестве двуокись азота (NO₂). NO₂ - бесцветный газ, который на воздухе окисляется до NO. NO₂ - красно-коричневый газ резкого, пронизывающего запаха. Он раздражает легкие путем отравления тканей и известен как тяжелый яд для крови.

Двуокись серы. Сера сгорает вместе с кислородом воздуха до двуокиси серы (SO₂). В соединении с водой возникает сернистая кислота, которая известна как "кислотный

дождь" и вредна для окружающей среды. Сера содержится в топливе в небольшом количестве, в бензине меньше, чем в дизельном.

Соединения свинца действуют как сильный яд на клетки крови, костного мозга и нервной системы, так как они препятствуют восприятию клетками кислорода. Поэтому сегодня используется преимущественно бензин, не содержащий свинца.

Дым. Частицы. Сажа. Особенно при сгорании дизельного топлива в результате сложных физических и химических процессов появляются частицы сажи, которые состоят, главным образом, из атомов углерода. На опытах с животными установили, что эти частицы вызывают раковые заболевания. Другие твердые составные части – это сера,

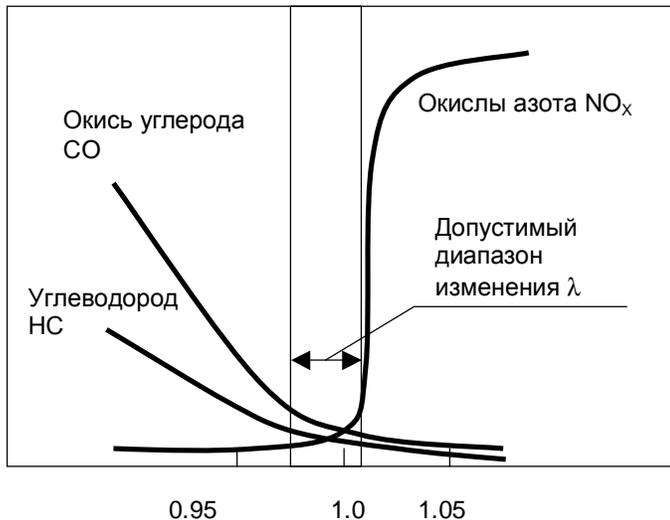


Рис. 1.1.3. Зависимость содержания вредных веществ в отработанных газах от состава горючей смеси

шлаки и частички пыли (продукты истирания). Все твердые частицы в выхлопном газе образуют дым или частицы. Дым и частицы различаются с помощью методов измерения.

Двуокись углерода.

Двуокись углерода - это не вредный для здоровья продукт сгорания. Человек, и животные выдыхают CO_2 . Увеличение содержания двуокси углерода в атмосфере считается одной из важных причин парникового эффекта. Этот рост вызывается сгоранием ископаемых видов топлива в промышленности, частном домашнем хозяйстве, на транспорте, а также из-за вырубания тропических лесов.

Доля транспорта оценивается при этом в 10-15%. Поэтому, наряду с сокращением собственно вредных веществ, существует задача сохранения потребления топлива и, вместе с тем, эмиссии CO_2 на как можно более низком уровне. Производители автомобилей добровольно обязуются понизить CO_2 .

На рис. 1.1.3 приведены графики содержания опасных веществ в составе выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания, которые поясняют целесообразность поддержания значения коэффициента λ , равным 1 (или в некоторой малой окрестности 1).

Факторы процесса сгорания рабочей смеси.

Мощность, топливная экономичность двигателя, его «экологичность» тесно связаны с характеристиками сгорания рабочей смеси в двигателе, которые, в свою очередь, зависят от многих факторов, и прежде всего от таких как:

- конструкция цилиндра-поршневой группы;
- турбулентность рабочего заряда в цилиндре;
- характеристики топлива;
- наличие остаточных выхлопных газов в цилиндре;
- температура рабочей смеси;
- энергия зажигания смеси;
- установка момента зажигания;

- качество приготовления рабочей смеси.

Если первые три фактора остаются относительно стабильными в процессе эксплуатации АД и слабо управляемы, то последние пять, и прежде всего, момент зажигания и качество приготовления смеси являются достаточно динамичными переменными. Ими можно управлять. Правильный подбор параметров этих факторов может оказать существенное влияние на стабильность работы АД на всех его режимах. Ниже кратко охарактеризуем названные факторы.

Конструкция цилиндра-поршневой группы определяется на заводе-изготовителе путем расчетов, моделирования и экспериментальной отработки на стендовом оборудовании. При проектировании двигателя рассчитываются и оптимизируются многие конструктивные параметры, в том числе:

- степень сжатия;
- форма цилиндров и камеры сгорания;
- период и последовательность управления клапанами;
- форма всасывающей трубы и др.

При высокой степени сжатия в связи с повышением плотности заряда вырастает скорость распространения пламени.

Конструкция цилиндра определяет место впрыска топливно-воздушной смеси, расположение свечи зажигания.

Выборочное прекращение подачи топлива к отдельным цилиндрам позволяет обеспечить высокий КПД в оставшихся цилиндрах с улучшенным сгоранием и газообменом. Отключение клапанов обеспечивает дальнейшее уменьшение потерь мощности, т.к. впускные и выпускные клапаны остаются закрытыми.

Всасывающая труба обеспечивает подготовку рабочей смеси к воспламенению. На ряде фирм (BMW, Ford, Opel, Citroen) применяют системы с динамическим наддувом, а также изменяемую в зависимости от режимов работы двигателя геометрию впускного трубопровода, что обеспечивает повышение крутящего момента и снижение расхода топлива в широком диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя.

Следует все же признать, что современные технологии пока еще не позволяют создавать объемные конструкции АД, геометрическими и топологическими свойствами которых можно было бы эффективно управлять в процессе их эксплуатации (без снижения общей надежности автомобиля). Иначе говоря, пока еще сложно и дорого широко внедрять подобные системы.

Турбулентность заряда. В момент воспламенения рабочая смесь в цилиндре не стоит на месте, а движется в форме вихревых потоков. Эти вихри способны распространению пламени, поэтому камеры сгорания конструируют таким образом, чтобы повысить турбулентность газовых вихрей. Изменение турбулентности на различных режимах работы двигателя – задача важная и пока еще находящаяся в стадии научных экспериментов.

Характеристики топлива. Автомобильное топливо является носителем химической энергии, обеспечивающей функционирование сжигающего его двигателя. Основные свойства топлива, определяющими его сорт, возможность использования в том или ином типе АД, по существу зависят от химического состава топлива и описываются следующими характеристиками:

- наличие присадок в топливе;
- антидетонационные свойства;

- плотность;
- теплотворная способность;
- испаряемость.

Параметры этих характеристик нормируются международными и государственными стандартами. Особое внимание при этом уделяется показателям топлива, влияющим на безопасность окружающей среды. Например, применение этилированных бензинов на современных моделях двигателей запрещено, а антидетонационные свойства неэтилированных бензинов улучшаются за счет неметаллических добавок, таких как метилбутиловые эфиры и/или спиртовые смеси.

Для эффективной работы АД большое значение имеет соответствие используемого топлива тому стандартному типу, на который рассчитан конкретный двигатель. В перспективных СУД предполагается автоматическое определение характеристик заливаемого в бак топлива с целью регулировки соответствующих управляемых параметров, а на существующих иногда применяется октан-корректор.

Температура рабочей смеси. Температура смеси - критически важный параметр для режима запуска переохлажденного двигателя, особенно в зимних условиях. Вследствие непродолжительности этого режима, последствия от влияния указанного фактора на работу двигателя и его негативное воздействие на среду не столь велики. Тем не менее, правильный запуск оказывает важное, а иногда и решающее влияние на последующую работу двигателя. Поэтому, как ниже будет показано, регулированию температуры рабочей смеси не необходимо уделять должное внимание при разработке и эксплуатации систем управления двигателями.

Наличие остаточных выхлопных газов в цилиндре. Добавление отработавших газов в рабочую смесь приводит к понижению температуры сгорания топливно-воздушной смеси, что, в свою очередь, обеспечивает снижение выбросов оксидов азота, образующихся при повышенной температуре горения. На двигателях с изменяемыми фазами клапанного распределения теоретически возможно регулирование выбросов NO_x посредством изменения внутренней рециркуляции отработавших газов. Однако на современных автомобилях применяется так называемая «внешняя» рециркуляция отработавших газов, при которой часть отработавших газов с помощью специального электромагнитного клапана разбавляет свежую рабочую смесь. Наивысшая эффективность систем рециркуляции отработавших газов (EGR) достигается на режимах частичных нагрузок. Выбросы оксидов азота при этом уменьшаются почти на 60%.

Установка момента зажигания. Установка зажигания имеет важнейшее значение для правильного протекания рабочего процесса. Момент зажигания должен быть выбран так, чтобы давление в цилиндре достигло максимума примерно через 12° поворота коленчатого вала после ВМТ. Если смесь поджечь раньше (раннее зажигание), то скорость ее сгорания станет слишком высокой – смесь практически взорвется (это явление носит название детонации). Такой режим вреден для АД, его допускать нельзя.

Наоборот, если смесь поджечь слишком поздно (позднее зажигание), скорость горения будет низкой и давление в цилиндре достигнет максимума слишком поздно. В результате получим низкую мощность при большом расходе топлива (см. рис. 1.1.4.).

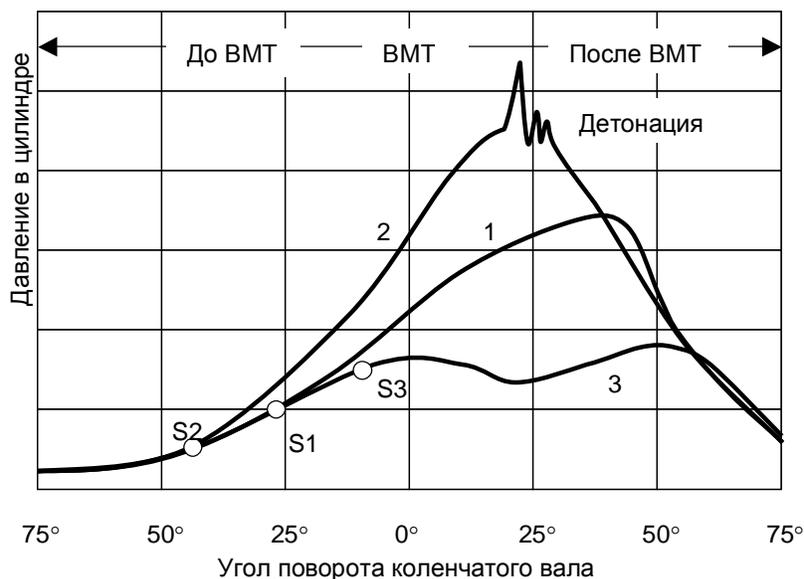


Рис. 1.1.4. Влияние момента зажигания:

1. Правильная установка (зажигание в точке S1);
2. Раннее зажигание в точке S2;
3. Позднее зажигание в точке S3.

Наряду с соотношением воздуха и топлива самое большое влияние на эмиссию вредных веществ оказывает момент зажигания. При более раннем зажигании увеличивается как эмиссия HC, так и эмиссия NO₂. Эмиссия CO почти не зависит от момента зажигания.

Расход топлива и эмиссия вредных веществ идут навстречу друг другу. С повышением коэффициента избытка воздуха для компенсации небольшой скорости сгорания должно все раньше происходить зажигание, чтобы процесс сгорания оставался оптимальным. Ранний момент зажигания означает меньший расход топлива и больший момент вращения.

Чтобы найти наиболее выгодный компромисс в зависимости от числа оборотов и нагрузки, требуется сложная регулировка момента зажигания, которая задается производителем и реализуется в современных системах управления двигателями.

Качество приготовления рабочей смеси

Ясно, что соотношение воздуха и топлива оказывает важное влияние на эмиссию вредных веществ и КПД двигателя.

В богатой области (недостаток воздуха) эмиссия CO уменьшается почти в линейной зависимости от увеличения λ (рис.1.3). В бедной области (при избытке воздуха) она очень низка и почти не зависит от λ . В окрестности $\lambda = 1$ эмиссия CO зависит от равномерного распределения топлива на отдельных цилиндрах.

Точное согласование подготовки смеси и ее момента ее воспламенения привело к тому, что выброс окиси углерода в современных двигателях резко сократился. Сегодня нормой являются значения меньше 1,5% объема. Слишком большая доля CO всегда является признаком слишком богатой смеси, например, из-за неправильной работы топливно-эмиссионной системы.

Эмиссия HC вокруг $\lambda = 1$ имеет минимальное значение. В богатой области эмиссия HC возрастает, так как не все углеводороды могут сгорать. Отсутствует необходимый кислород. В бедной области сгорание происходит не оптимально. Температура в камере сгорания понижается. Однако бедная смесь имеет более продолжительное сгорание, в

результате чего повышается температура двигателя. При очень бедных смесях происходят пропуски при сгорании, из-за чего повышается эмиссия HC.

На абсолютную высоту эмиссии HC влияют регулировка или функция системы зажигания и состояние механики двигателя. Неправильная работа системы зажигания, неисправные свечи зажигания, дефектные кабели зажигания, тотальные пропуски зажигания, негерметичная система всасывания, негерметичность цилиндров или загрязненные клапаны впрыска являются причиной слишком большого количества несгоревших углеводородов в выхлопном газе. Еще одна причина может заключаться в слишком большом расходе масла. Содержание HC, поэтому, вместе с содержанием CO является важной измерительной величиной для обширной диагностики двигателя.

Эмиссия NO_x при $\lambda = 1,05..1,1$ имеет свое максимальное значение и снижается как в богатой, так и в бедной областях. Это связано с температурой в камере сгорания, которая имеет максимальное значение вокруг $\lambda = 1$ и снижается в обе стороны.

Двуокись углерода (CO_2) появляется при каждом сгорании углерода. При этом речь идет о невредном для здоровья газе. Эмиссия CO_2 у автомобилей определяется непосредственно расходом топлива.

Кислород (O_2) появляется в выхлопном газе при избытке воздуха, т.е. при бедной смеси. При превышении значения $\lambda = 1$ происходит явный рост содержания O_2 . Вместе с максимальным значением двуокиси углерода содержание кислорода является однозначным свидетельством перехода из богатой области смеси в бедную.

3. Функциональная схема комплексной СУД.

3.1 Принципы функционирования СУД

В настоящее время наибольшее распространение получили комплексные системы управления двигателями, поэтому в дальнейшем мы будем уделять им основное внимание, а существовавшие ранее системы управления рассматривать как некие частные случаи.

Системы управления двигателями автомобилей с искровым воспламенением топлива имеют в своём составе как минимум две подсистемы:

- систему управления составом топливной смеси, т.е. регулировки соотношения воздух/топливо (топливно-эмиссионную);
- систему управления моментом зажигания.

На протяжении всего предыдущего периода развития автомобилестроения эти две системы развивались отдельно друг от друга. Исследования характеристик работы двигателя совместно с требованиями к составу выхлопных газов показывают, что эти системы не являются независимыми друг от друга. Например, изменение состава топливной смеси должно вызывать изменение момента зажигания для обеспечения максимальной эффективности двигателя (по выбранному критерию).

Для улучшения качества управления двигателем логично использовать один процессор (вычислитель или контроллер), который может обрабатывать входные сигналы и вырабатывать управляющие сигналы для обеих систем одновременно.

Современная концепция электронной СУД основана на применении единого блока управления системой зажигания и топливно-эмиссионной, а также других систем

автомобиля: рулевого управления, поддресоривания, автоматической коробки передач, включения и выключения сцепления, бортовой диагностики и др.

Каждая из систем, управляемых контроллером, также снабжается системой защиты от непредсказуемых последствий в случае отказа контроллера.

Как уже отмечалось, для управления АД применяются так называемые характеристические карты. Их получают в процессе стендовых испытаний АД при реализации всего диапазона внешних нагрузок и измерении отклика на них АД (в виде различных параметров). Многомерные, полученные в ходе таких факторных экспериментов, таблицы-карты заносят в память блока управления соответствующего АД.

Двумерная таблица-карта может быть наглядно представлена в виде трехмерного графика (диаграммы).

Карты представляют основную информацию относительно взаимозависимости характеристик АД. Для получения всесторонних данных о качестве СУД необходимо иметь множество карт. Пример характеристической карты представлен на рис. 1.1.5.

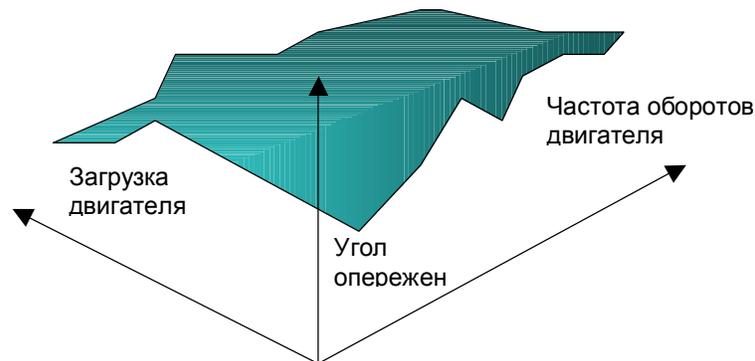


Рис. 1.1.5. Пример характеристической карты

Обычно в системах управления зажиганием и топливно-эмиссионной используются датчики одного и того же типа. Логическим следствием этого факта является использование одного компьютера и одного набора датчиков для управления обеими системами.

Прежде, чем перейти к изучению системы управления двигателем, рассмотрим работу системы управления с обратной связью.

После того, как определены характеристические карты двигателя, они сохраняются в постоянной памяти (ROM) бортового компьютера СУД. В соответствии с этими данными осуществляется управление работой двигателя на различных скоростях вращения и коэффициентах загрузки двигателя. Однако подобное управление двигателем предполагает, что характеристики самого двигателя с течением времени не изменяются.

На самом деле это не так, поскольку в процессе эксплуатации изнашиваются поршни, направляющие втулки клапанов и прочие детали двигателя. В конечном итоге, эти процессы приводят к тому, что, например, требуемое содержание воздуха в рабочей смеси будет отличаться от того, что определяет микропроцессор на основе данных, измеренных датчиками.

Эта ситуация является одним из следствий использования системы управления без обратной связи, то есть системы, в которой не осуществляется контроль фактических параметров двигателя (его приемистости или состава выхлопных газов).

Аналогичным образом, изначально настроенная установка зажигания, в процессе эксплуатации может привести к возникновению детонации и поломке двигателя.

Устранение этих проблем достигается измерением параметров двигателя с помощью датчиков, сигналы которых помогают корректировать состав рабочей смеси и момент зажигания.

Датчик детонации является элементом обратной связи и широко используется в современных двигателях. С его помощью происходит уменьшение угла опережения при возникновении детонации.

Аналогичным образом с помощью лямбда-зонда оценивается содержание кислорода в выхлопных газах и сигнал передается микропроцессору. В свою очередь, микропроцессор производит корректировку соотношения воздух/топливо таким образом, чтобы параметр лямбда был равен 1,0.

Таким образом, датчик детонации и лямбда-зонд являются составными частями системы управления двигателем с обратной связью и поддерживают требуемые параметры двигателя с учетом его износа в течении всего срока эксплуатации.

Рассмотрим общую схему, абстрактной СУД иллюстрирующую принципы управления двигателем с системой впрыска топлива, представленную на рисунке 1.1.6.

3.2 Подсистемы системы управления двигателем

Топливо-эмиссионная система (управление впрыском топлива).

Основной переменной, на основе которой определяется масса топлива, подаваемого на форсунки (форсунку), является масса воздуха, засасываемого в соответствующий цилиндр за рабочий цикл (цикловое наполнение).

Воздух поступает во впускной коллектор двигателя через дроссельную заслонку. Для определения величины циклового наполнения G_v [кг] измеряют расход воздуха в воздухозаборнике Q_v [кг/с] и частоту вращения коленчатого вала двигателя n [1/с]. Расход воздуха определяется с помощью датчика-измерителя, установленного перед дроссельной заслонкой. Частота вращения коленчатого вала может быть определена как с помощью специальных датчиков оборотов, так и посредством сигналов, получаемых от системы зажигания¹.

Величина циклового наполнения $G_v = Q_v/n$ вычисляется в блоке управления. Последний вырабатывает сигнал напряжения, длительность которого Δt пропорциональна этой величине, и подает его на управляющие обмотки топливных форсунок (инжекторов).

¹ Вопрос о конструктивном исполнении датчиков здесь не принципиален. В интересах выполнения диагностических процедур необходимо показать причинно-следственные связи в общей структуре управления АД.

Топливная сеть, к которой подключены форсунки находится под давлением $P_{тр}$. Пусть его величина (а строго говоря, перепад давлений между давлением в сети и во впускном коллекторе) поддерживается постоянной с помощью регулятора давления.² Это обстоятельство обеспечивает точное определение величины цикловой подачи, пропорциональной длительности управляющего импульса Δt .

Рабочая смесь воздуха с топливом формируется во впускных каналах и цилиндрах.

Точно измеренное количество топлива распыляется над впускным клапаном независимо от того, открыт он или нет. Когда впускной клапан открывается, топливо в виде облака втягивается в цилиндр вместе с воздухом.

В СУД при вычислениях учитываются различные обстоятельства, которые могут иметь место при работе двигателя при пуске, на холостом ходу, на рабочих и максимальных нагрузках. При этом происходит учет температуры двигателя, напряжения аккумулятора, температуры поступающего воздуха, угла поворота дроссельной заслонки, которые поступают в СУД с соответствующих датчиков, установленных в двигателе и сопряженных с ним устройствах. Коррекция управляемого параметра – величины времени открытия топливной форсунки (а в конечном счете – пропорции воздух/топливо) по введенным таким образом данным осуществляется с помощью характеристических карт, занесенных в память контроллера.

Обратная связь по сигналам лямбда-зонда

В целях коррекции состава смеси на современных автомобилях применяют обратную связь по сигналам так называемого лямбда-зонда, датчика остаточного кислорода в отработавших газах. Если состав смеси отклоняется от заданного значения, то в отработавших газах состав кислорода отличается от требуемого. Это распознает лямбда-зонд, установленный в выходном коллекторе. Соответствующее значение напряжения сообщается на систему управления подготовкой смеси (впрыск или электронно регулируемый карбюратор).

Система управления практически безынерционно корректирует должным образом дозировку топлива. При отсутствии кислорода в выхлопном газе поданная смесь считается богатой, вследствие этого система управления сокращает количество впрыснутого топлива. Если зонд через некоторое время определяет кислород в выхлопном газе, то повышается количество впрыснутого топлива. Так смесь колеблется между слегка богатой и бедной.

Таким образом, имеет место управление в замкнутом контуре в противоположность ранее рассмотренному разомкнутому управлению для подготовки смеси.

Совместно с управлением по сигналам лямбда-зонда используют нейтрализаторы отработавших газов, которые позволяют снизить эмиссию вредных веществ до значений, указанные в соответствующих законодательных актах относительно выхлопных газов. В области регулировки лямбда все три компонента выхлопных газов - CO, HC и NO_x - оптимально низки.

² Следует иметь в виду, что это один из существующих путей реализации дозированного впрыска топлива.

Система зажигания

Управление зажиганием основано на определении угла опережения зажигания в соответствие с информацией, поступающей от датчиков:

- скорости и положения маховика двигателя;
- давления и температуры воздуха во впускном коллекторе;
- температуры охлаждающей жидкости;
- положения дроссельной заслонки;
- напряжения в бортовой сети.

В подсистеме зажигания используются карты, записанные в постоянную память микропроцессора. В контроллере на основе сигналов от датчиков и оптимизированных характеристических карт подаются соответствующие сигналы опережения зажигания на первичную обмотку катушки зажигания.

Рассмотрим подробнее сигналы, необходимые для управления зажиганием.

Скорость и положение маховика. Частота вращения коленчатого вала вместе с нагрузкой двигателя – основные параметры, определяющие угол опережения зажигания. Частоту вращения можно определить, подсчитав число зубьев специального зубчатого колеса, специально закрепленного на валу, проходящего в единицу времени мимо специального датчика³. Положение коленчатого вала задает точку отсчета угла опережения зажигания. В качестве такой точки обычно принимают угол 90° до ВМТ цилиндра №1. Это положение вводится в компьютер с помощью датчика, реагирующего на специальную метку (выступ или отсутствие зуба) на зубчатом венце маховика.

Давление и температура воздуха во впускном коллекторе связаны с нагрузкой двигателя. Для оценки нагрузки, как вариант, используются данные и о расходе воздуха через впускной коллектор, которые могут быть получены и непосредственно с измерителя расхода воздуха и косвенно, посредством измерения угла поворота дроссельной заслонки и температуры воздуха.

Температура охлаждающей жидкости вводится как вспомогательный параметр для коррекции опережения зажигания по частоте и нагрузке двигателя.

Сигналы **положений дроссельной заслонки** (в особенности, крайних) нужны вычислителю для перехода на специальные программы управления двигателем в режимах холостого хода и полной нагрузки. В некоторых системах управления сигнал крайнего положения дроссельной заслонки используется для отсечки подачи топлива при увеличении оборотов двигателя сверх допустимых.

Напряжение в сети является дополнительным параметром. Если напряжение отличается от эталонного, то момент включения катушки зажигания сдвигается вперед или назад для достижения постоянной мощности разряда.

При выборе оптимального опережения для каждого режима работы двигателя принимается во внимание множество факторов, таких как топливная экономичность, запас по детонации, состав выхлопных газов, крутящий момент, температура двигателя,

³ О конструктивном исполнении датчиков будем говорить ниже.

поэтому неудивительно, что графики характеристических карт имеют не совсем гладкую форму. На рис. 1.1.6. представлена качественная иллюстрация, дающая представление о том, как регулируется угол опережения механическими центробежным регулятором и как его следует регулировать с помощью электронных СУД.

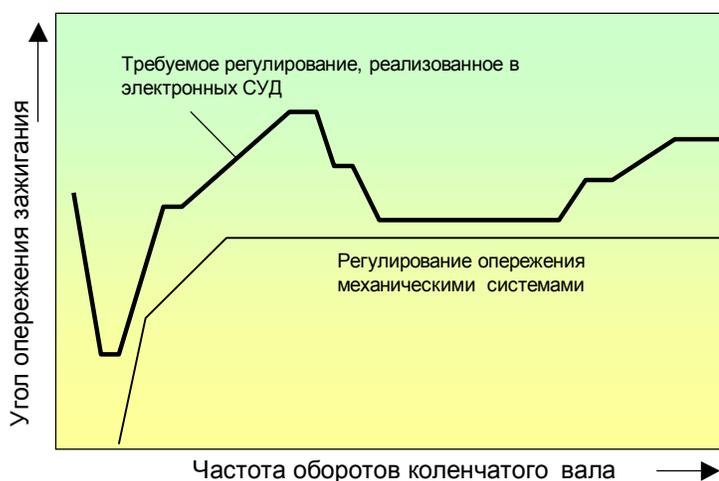


Рис. 1.1.7 Характеристика механических регуляторов опережения зажигания

График на рисунке отображает зависимость опережения только от оборотов двигателя. Чтобы учесть еще один параметр, нужно построить уже трехмерный график, все точки которого образуют поверхность. Если выбрать любое сочетание управляющих параметров, на горизонтальной плоскости получим точку. Перпендикуляр вверх из этой точки до пересечения с поверхностью графика дает требуемое значение опережения зажигания (см. Рис. 1.1.5).

Если основание карты разбить на интервалы по управляющим параметрам и построить на этих интервалах сетку, то для узлов этой сетки можно найти соответствующие значения опережения и записать их в память бортового компьютера. Для удовлетворительного управления необходимо хранить в памяти от 1000 до 4000 таких значений.

Помимо этого требуется дополнить карту информацией о режимах работы двигателя на холостых оборотах для их поддержания и на максимальных оборотах для их ограничения.

Кроме того, программируется режим полных нагрузок таким образом, чтобы двигатель работал рядом с границей начала детонации, но не переходил ее.

Полученная от датчиков указанных выше сигналов информация служит микропроцессору в качестве исходных данных для получения требуемых сигналов управления опережением по характеристическим картам.

Обратная связь по детонации

Как уже отмечалось наличие одних лишь характеристических карт недостаточно для оптимального управления работой АД. Одна из обратных связей, охватывающих двигатель как объект управления - связь по детонации.

Детонация обнаруживается с помощью акселерометров – специальных датчиков ускорения, установленных на блоке цилиндров. В памяти контроллера системы управления хранятся значения средних уровней вибрации каждого цилиндра, характеризующие его преддетонационное состояние. Причем эти уровни адаптируются к переменным условиям работы двигателя.

Если сигнал детонации от какого-либо цилиндра превзойдет установленный для него пороговый уровень, контроллер формирует сигнал на уменьшение опережения зажигания именно в этом конкретном цилиндре на некоторый небольшой угол, например, на 1,5-2 градуса. Затем, если детонации нет, с каждым циклом происходит опережение зажигания на малую величину до значения, записанного в карте зажигания. Такая процедура непрерывно повторяется для каждого цилиндра в каждом цикле (см. рис. 1.1.8).

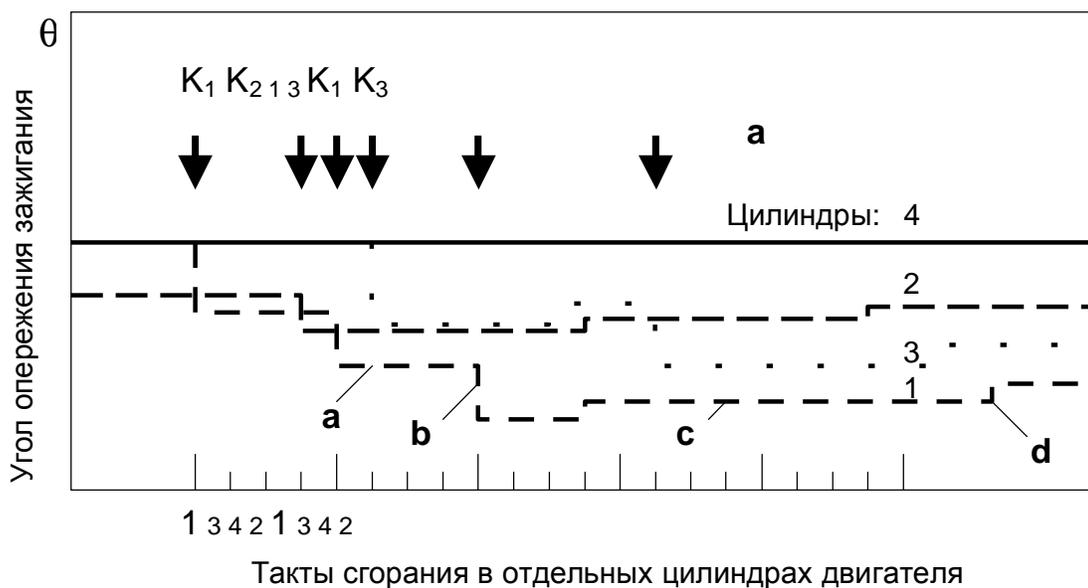


Рис. 1.1.8. Защита двигателя от детонации:

$K_{1...3}$ – детонация в цилиндрах 1...3 (в цилиндре 4 детонация отсутствует);
 a – задержка перед смещением угла опережения зажигания в сторону запаздывания;
 b – запаздывание зажигания; c – задержка перед восстановлением первоначального момента зажигания; d – опережение зажигания.

В результате каждый цилиндр настраивается индивидуально на работу в режиме наибольшей эффективности, которая достигается именно на границе детонации (см. рис. 1.1.8). Поскольку каждый цилиндр имеет свою шумовую характеристику, для 4-цилиндровых двигателей бывает достаточным одного датчика. На 6-цилиндровых двигателях устанавливают два датчика.

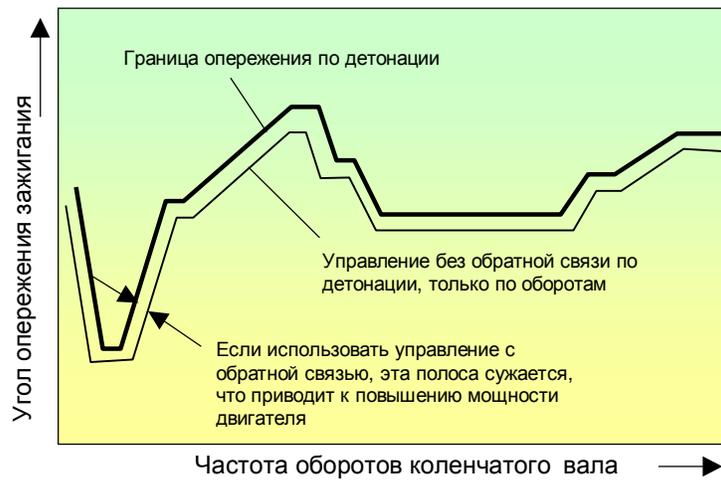


Рис.1.1.9. Повышение мощности двигателя с управлением по сигналу детонации

При возникновении неисправности, например, при отказе датчика или обрыве провода, система управления уменьшает опережение до безопасного уровня и посылает сигнал о неисправности на приборную панель водителя.

Тема № 1

Системы управления двигателями.

Общие принципы построения и функционирования.

Лекция №2

Системы зажигания.

Учебные вопросы:

1. Общая классификация систем зажигания.
2. Батарейно-катушечная система зажигания, её основные узлы и принцип работы.
3. Электронные системы зажигания, их основные узлы и принцип работы.

1. Общая классификация систем зажигания.

Как уже отмечалось в предыдущей лекции, система зажигания может являться подсистемой комплексной системы управления двигателем или независимой системой.

Общая классификация систем зажигания приводится на схеме (Рис 1.2.1).

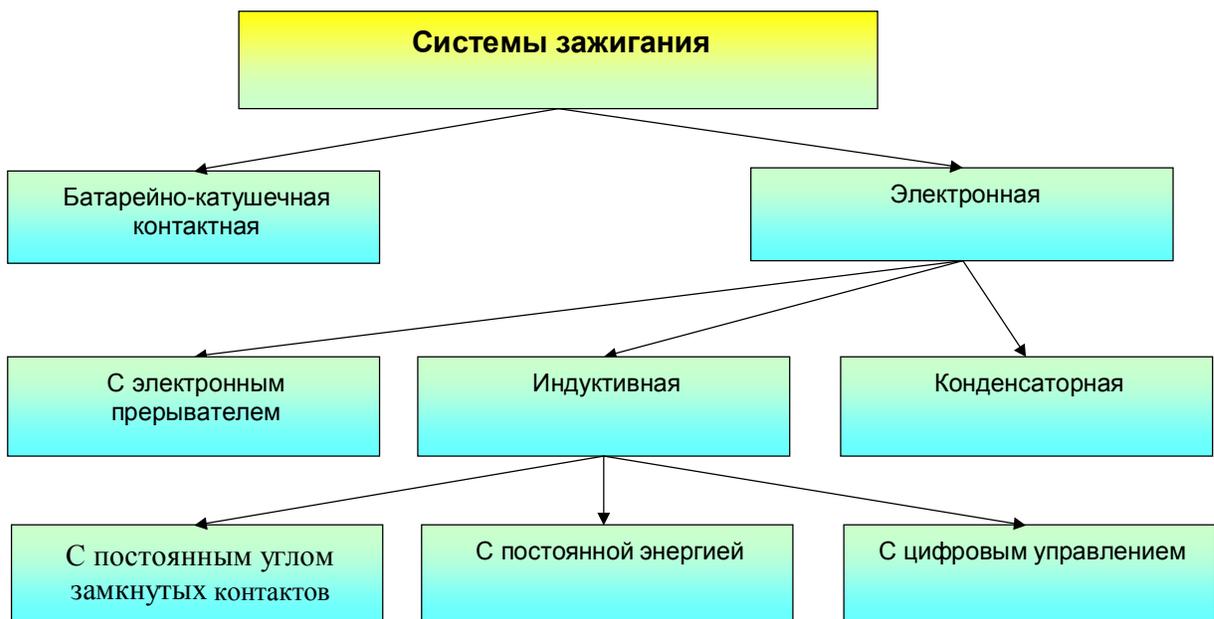


Рисунок 1.2.1

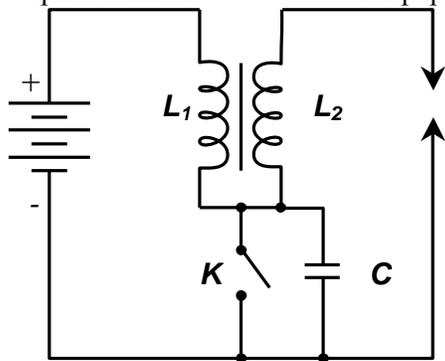
2. Батарейно-катушечная система зажигания, её основные узлы и принцип работы.

В первые 20 лет 20 века двигатели автомобиля обычно оснащались магнето – генератором высокого напряжения, который приводился от двигателя и не требовавшего аккумулятора.

Более прогрессивная система зажигания – батарейно-катушечная, запатентованная в 1908 году (К.Ф.Кеттеринг из фирмы DELCO) и не претерпевшая до сих пор существенных изменений.

Как уже отмечалось, все усовершенствования батарейно-катушечной системы зажигания касаются лишь способа управления катушкой зажигания, которая вместе с источником тока (например, батареей) служит обязательным атрибутом искровых систем зажигания (СЗ), классификация которых приведена на рис 1.2.1. Общим для всех систем осталась катушка зажигания поэтому сейчас рассмотрим работу простейшей батарейно-катушечной СЗ (рис.1.2.2.).

При замыкании контактов прерывателя К через L_1 протекает ток i_1 , нарастающей по экспоненте до максимального значения.



$$I_{\max 1} = U_a / R_{L1} \sim 2,5 \text{ A},$$

где U_a – напряжение аккумулятора (сети);

R_{L1} – сопротивление первичной обмотки катушки зажигания.

Во время изменения тока в обмотке наводится э.д.с. индукции посредством изменения магнитного поля, создаваемого в обмотке. Чем быстрее меняется магнитное поле (или ток), тем большая э.д.с. будет наведена. В первичной обмотке обычно содержится ~ 300 витков толстого провода (0.5мм). Во вторичной – порядка 20000 витков тонного провода.

Рис.1.2.2. Принципиальная схема батарейно-катушечной системы зажигания

Если разомкнуть прерыватель (ключ К) ток в первичной обмотке резко падает, вызывая быстрое изменение магнитного поля. При этом в первичной обмотке наводится э.д.с. самоиндукции до 300В, а во вторичной, благодаря эффекту трансформации ($K_T \sim 20000/300 \sim 66$), возникает напряжение, превышающее 20кВ. Ток самоиндукции имеет то же направление, что и прерываемый ток.

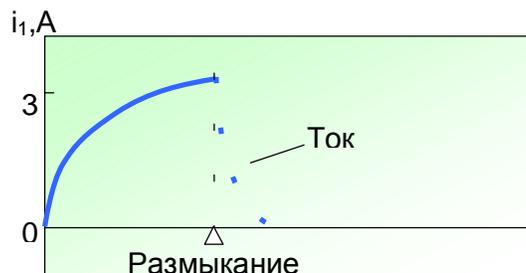


Рис.1.2.3. Изменение тока в первичной обмотке при разрыве контакта прерывателя

При разрыве контактов ток самоиндукции сохраняет ток в первичной обмотке, т.е. он падает не так быстро, как хотелось бы. Кроме того, в промежутках между контактами прерывателя возникает искровой разряд, который (см. рис.1.2.3) приводит к снижению индуцированного напряжения во вторичной обмотке U_2 и вызывает эрозию и разрушение контактов К.

Для устранения этих неприятностей параллельно контактам прерывателя К включают конденсатор (см. рис.1.2.2). В момент размыкания контактов ток первичной обмотки устремляется на заряд конденсатора, который быстро заряжается до напряжения

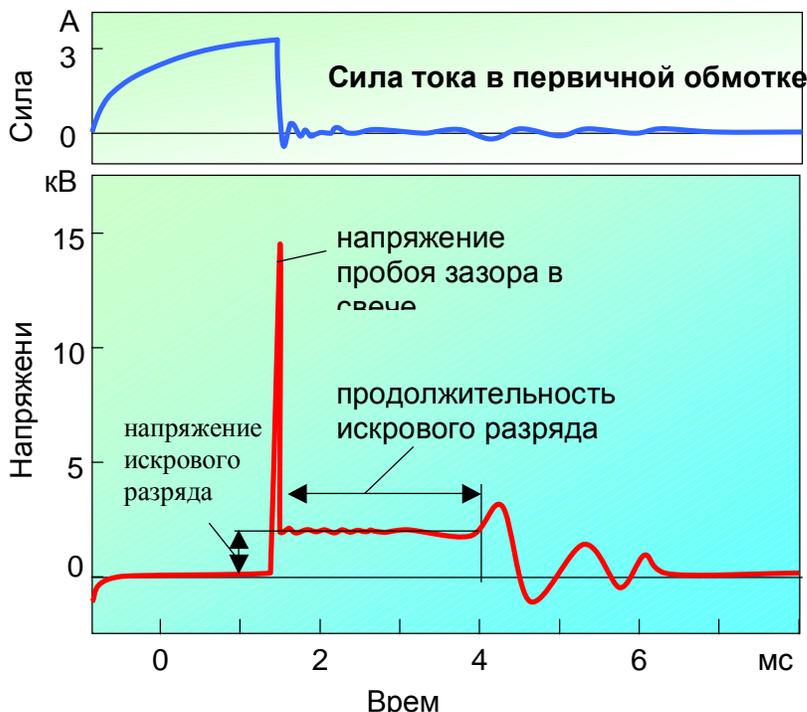


Рис.1.2.4. Сила тока и напряжение в обмотках катушки зажигания

контактов прерывателя К.

Характер измерения тока в первичной обмотке и напряжения во вторичной обмотке представлены на рис.1.2.4.

Когда напряжение U_2 достигает значения, достаточного для пробоя зазора между электродами свечи возникает искра, которая поджигает горючую смесь в цилиндре двигателя.

На рис.1.2.5 изображены кривые измерения вторичного напряжения при отсутствии искрового разряда (например, при работающем двигателе провод высокого напряжения отсоединен от свечи – кривая 1) и при пробое воздушного зазора в свече (кривая 2). Кривую 2 можно разделить на три составляющие (фазы), отличающиеся источниками генерации напряжения:

сети первичной обмотки.

Кроме того, далее конденсатор разряжается через первичную обмотку, создавая в начальный момент импульс тока обратного направления. Таким образом, ток i_1 при наличии конденсатора С падает быстрее, что и приводит к ускорению исчезновения магнитного потока и вследствие этого к:

- повышению напряжения во вторичной обмотке U_2 ;
- исключению пробоя

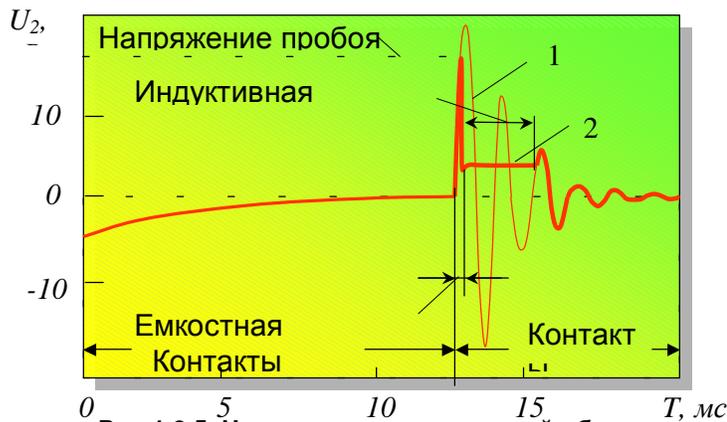


Рис.1.2.5. Напряжение во вторичной обмотке при отсутствии (кривая 1) и наличии (кривая 2) искры

- емкостная;
- индуктивная;
- колебательная.

1. Емкостная составляющая или емкостная фаза характеризуется высоким пиковым значением напряжения – так называемым пробивным напряжением (5-12 тыс. В) и короткой длительностью (порядка 0,3 мс). Своим происхождением и

названием она обязана источнику индуцированного напряжения – емкости C_1 шунтирующей контакты прерывателя.

Искра между контактами свечи благодаря высокому напряжению емкостной фазы имеет высокую температуру и яркий голубоватый цвет.

Индуктивная составляющая характеризуется относительно большой длительностью (около 2-3 мс) горизонтального участка (с возможным наклоном вверх или вниз). Индуктивная фаза возникает вследствие энергии наклонной в индуктивности вторичной обмотки катушки зажигания, и характеризуется напряжением горения вольтовой дуги (от 1 до 2 кВ). Цвет искры в этой фазе - теплый, красноватый.

Колебательная фаза возникает вследствие перераспределения энергии между емкостью C_1 , индуктивностями L_1 , L_2 и емкости проводов высоковольтного тракта C_2 .

Пробивное напряжение во многом зависит от режима работы двигателя. У двигателя, работающего на больших оборотах с полной нагрузкой. Пробивное напряжение минимальное (4--5 кВ), а в режиме холодного пуска – максимальное (9-12 кВ).

Катушка зажигания с балластным резистором

При запуске двигателя катушка зажигания питается, от аккумуляторной батареи, напряжение которой понижено из-за потребления стартером большого тока, что приводит к снижению тока I_1 и напряжения U_2 . Для устранения этого явления в некоторых катушках зажигания применяют добавочный (балластный) резистор R_g (рис.1.2.6.), включенный последовательно с первичной обмоткой катушки зажигания L_1 .

В этом случае первичная обмотка рассчитывается на напряжение 7-8В, а остальное напряжение источника питания гасится в добавочном резисторе. При пуске двигателя добавочный резистор R_g закорачивается контактами реле включения стартера, и, несмотря на снижение напряжения батареи, первичная обмотка катушки зажигания получает необходимое для ее нормальной работы напряжение.

Система с добавочным (балластным) резистором имеет следующие достоинства:

- повышается надежность холодного пуска двигателя;

- первичная обмотка катушки зажигания имеет меньшую индуктивность, благодаря чему повышается скорость возрастания тока при включении

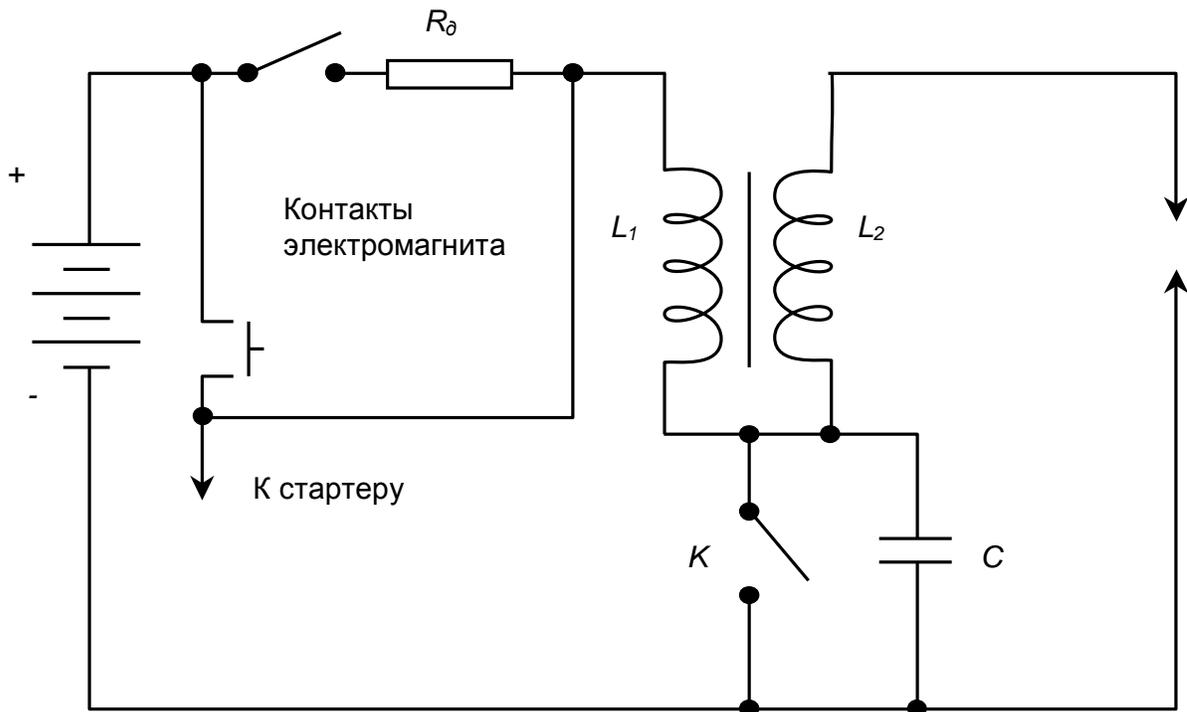


Рис.1.2.6. Схема зажигания с добавочным резистором

контактов и схема лучше работает при высоких скоростях двигателя;

- вследствие пониженного напряжения на первичной обмотке снижается, и температура и повышается эффективность работы катушки.

На некоторых автомобилях применяют температурно-зависимые балластные резисторы, которые в холодном состоянии (при пуске двигателя) имеют небольшое сопротивление и повышенное сопротивление – по мере прогрева двигателя. Вследствие этого, при холодном пуске двигателя почти все напряжение аккумулятора оказывается на первичной обмотке катушки, а после пуска двигателя напряжение на ней постепенно падает.

Контактный прерыватель

Контакты прерывателя открываются кулачком, расположенным на валу распределителя зажигания. Кулачок вращается со скоростью, равной половине скорости коленчатого вала (в случае четырехтактного двигателя). Конструкция блока прерывателя предусматривает установку конденсатора, а также возможность регулировки зазора между контактами - жизненно важный фактор для нормальной работы двигателя (см. рис.1.2.7).

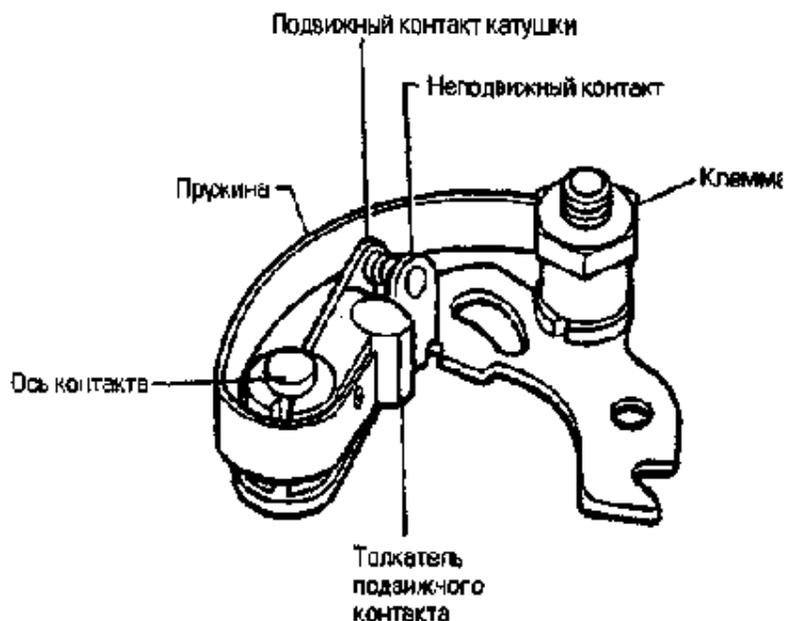


Рисунок 1.2.7

Очень важно в процессе эксплуатации двигателя правильно регулировать зазор контактов прерывателя. Правильно отрегулированный зазор должен обеспечивать достаточное время для того, чтобы в первичной катушке зажигания после замыкания контактов успевал установиться расчетный ток. Дело в том, что катушка зажигания обладает индуктивностью, которая замедляет нарастание тока, подобно тому, как инерция препятствует раскручиванию маховика из состояния покоя до заданной скорости.

По этой причине важно, чтобы контакты не оставались разомкнутыми слишком долго, иначе время замкнутого состояния может оказаться недостаточным. Мерой времени замкнутого состояния контактов является угол поворота кулачка прерывателя, а способ регулировки этого угла сводится к регулировке зазора контактов в разомкнутом состоянии. Установка зазора с помощью щупов является устаревшим способом, поскольку установка производится на остановленном двигателе, тогда как при его вращении угол замкнутого состояния может измениться из-за действия сил инерции.

Некоторые автомобили Austin Rover и Ford оснащены распределителями зажигания Lucas со скользящим контактом. Толкатель подвижного контакта имеет на своем основании два небольших выступа, которые упираются в наклонную направляющую. Направляющая вставлена в вильчатый привод толкателя, установленный на оси подвижного контакта.

Когда вакуумный регулятор поворачивает опорную пластину контактов, выступы толкателя подвижного контакта скользят по наклонной направляющей, заставляя толкатель и подвижный контакт подниматься. При этом подвижный контакт скользит по неподвижному контакту, имеющему больший размер. Такое относительное перемещение контактов способствует их самоочищению и препятствует развитию эрозии. Фирма гарантирует ресурс таких контактов не менее 25000 миль.

Угол замкнутого состояния контактов

Угол замкнутого состояния контактов определяется как угол поворота кулачка прерывателя, в течение которого контакты остаются в замкнутом состоянии для одного цикла зажигания. Установка этого угла имеет очень важное значение. Увеличение зазора сокращает угол. Изменение зазора приводит к тому, что толкатель подвижного контакта набегает на кулачок прерывателя раньше или позже (см. рис.1.2.8).

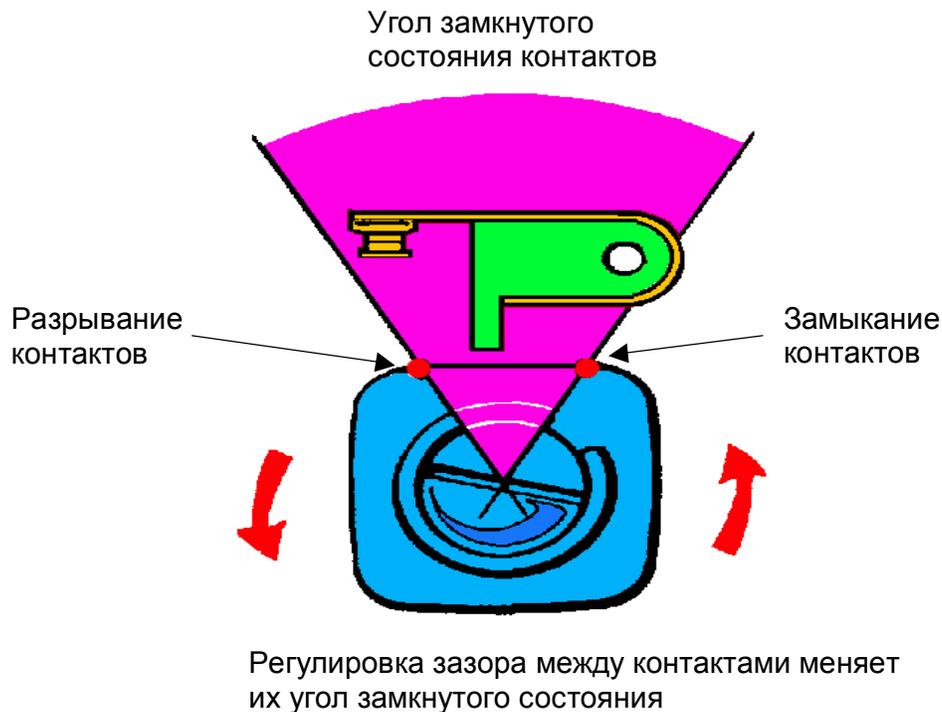


Рис.1.2.8. Угол замкнутого состояния контактов

При приближении оси подвижного контакта к оси вращения вала увеличивается зазор. При этом контакты поздно замыкаются и рано размыкаются, угол замкнутого состояния уменьшается, увеличивается опережение зажигания. При удалении оси подвижного контакта от оси вала уменьшается зазор. При этом контакты рано замыкаются и поздно размыкаются, угол замкнутого состояния увеличивается, опережение зажигания уменьшается.

Неправильная установка зазора может иметь неприятные последствия, поскольку при малом значении угла замкнутого состояния контактов ток в первичной обмотке катушки зажигания не достигнет необходимого уровня и система зажигания, особенно на высоких оборотах начнет давать сбои. Слишком большой угол замкнутого состояния может привести к пригоранию контактов.

Как зазор между контактами, так и угол замкнутого состояния контактов должны находиться в пределах, регламентированных изготовителем. Если оба требования одновременно выполнить не удастся, значит, прерыватель неисправен.

Изменение угла замкнутого состояния контактов численно равно изменению угла опережения зажигания (см. рис. 1.2.9).

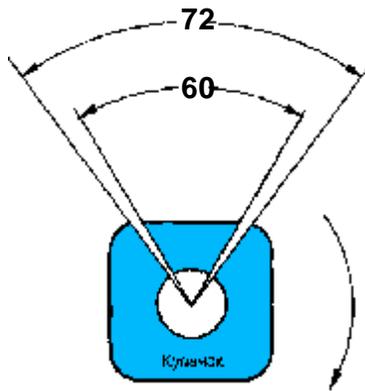


Рис. 1.2.9.

Если, например, угол замкнутого состояния контактов в результате регулировки изменился на 12° , значит, точка размыкания контактов сдвинулась на 6° поворота кулачка. Но 6° поворота вала распределителя равносильно 12° поворота коленчатого вала

Угол замкнутого состояния можно выразить в градусах или в процентах от полного оборота вала распределителя.

Пример:

Кулачок 4-цилиндрового двигателя с 4 выступами разделен на равные промежутки по 90° . В пределах этого угла контакты должны разомкнуться и снова замкнуться - этот процесс займет часть одного периода. В примере, показанном на рис. 1.2.10 контакты находятся в замкнутом состоянии на протяжении 54° , а в разомкнутом состоянии - остальные 36° . Угол замкнутого состояния в процентах будет: $54^\circ/90^\circ \times 100 = 60\%$

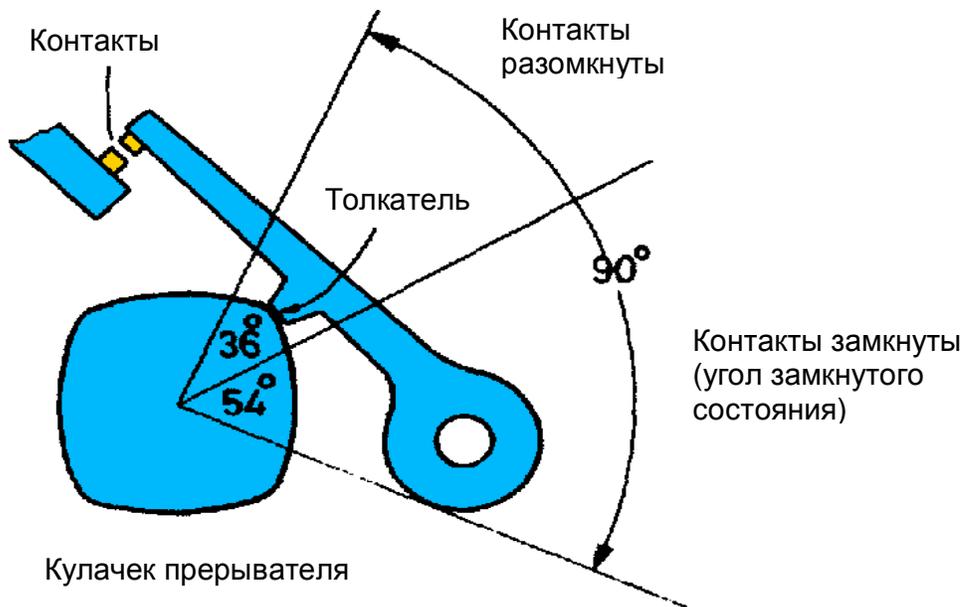


Рис.1.2.10. Угол замкнутого состояния в градусах и в процентах.

Можно вновь вернуться к угловым единицам: $60/100 \times 90^\circ = 54^\circ$

Угол 54° в действительности является типичным значением угла замкнутого состояния контактов для 4-цилиндровых двигателей. Использование процентного выражения угла предпочтительнее, поскольку оно не зависит от числа цилиндров.

Существуют приборы для точного измерения угла замкнутого состояния контактов, однако надо внимательно считывать показания со шкалы прибора, поскольку одна шкала предназначена для двигателей с разным числом цилиндров. Например, если прибор показывает угол замкнутого состояния 60% , то для двигателей с разным числом цилиндров результат в угловых единицах будет совершенно различным:

Для одноцилиндрового двигателя $60/100 \times 360^\circ = 216^\circ$

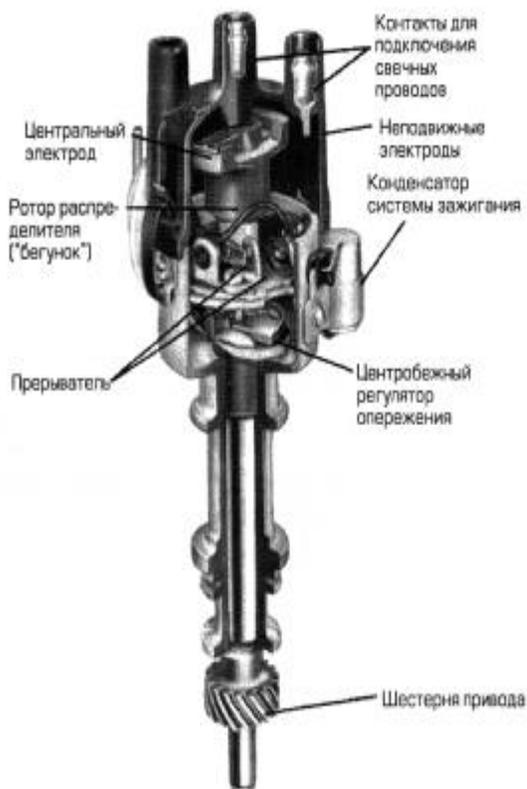
Для четырехцилиндрового $60/100 \times 90^\circ = 54^\circ$

Для шестицилиндрового $60/100 \times 60^\circ = 36^\circ$

Распределитель зажигания

Как подсказывает наименование, распределитель зажигания передает высокое напряжение зажигания по очереди на свечи в необходимой последовательности, а также выполняет некоторые другие функции системы зажигания. Как правило, распределитель зажигания совмещает в себе следующие функции:

- передает высокое напряжение на свечи в необходимой последовательности;
- управляет включением и выключением первичной обмотки катушки зажигания;
- регулирует угол опережения зажигания в зависимости от скорости работы двигателя;
- регулирует опережение зажигания в зависимости от загрузки двигателя.



Вал распределителя вращается со скоростью, равной половине скорости коленчатого вала (в четырехтактных двигателях) и соединен с валом привода с помощью торцевых выступов или зубчатой передачи (см. рис. 1.2.11).

Контакты прерывателя смонтированы на основании, которое может в некоторых пределах поворачиваться вокруг оси кулачка. Поворот основания осуществляется с помощью вакуумного привода, связанного шлангом с впускным коллектором.

Механизм прерывателя, который встроен в распределитель, включает в себя кулачок с числом выступов, равным числу цилиндров. При вращении вала распределителя кулачок, воздействуя через толкатель на рычаг подвижного контакта, размыкает и замыкает контакты прерывателя. Величина раскрытия контактов зависит от конфигурации кулачка и от положения неподвижного контакта, которое можно менять в некоторых пределах при настройке.

Рис. 1.2.11. Распределитель зажигания

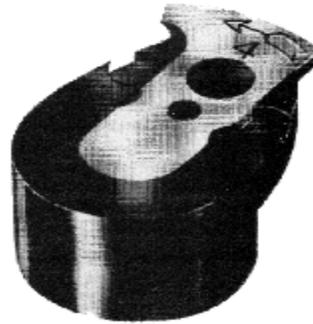


Рис. 1.2.12. Типичный ротор распределителя

Крышка распределителя отлита из высококачественного карболита. Она предохраняет механизм и контакты узла от пыли и влаги, а также служит основанием контактов свечных проводов, на которые по очереди подается высокое напряжение с центральной клеммы крышки через вращающийся контакт ротора (см. рис.1.2.12). Центральная клемма крышки связана высоковольтным проводом с вторичной обмоткой катушки зажигания. Высокое напряжение с центральной клеммы передается на подвижный контакт ротора через подпружиненный графитовый электрод.

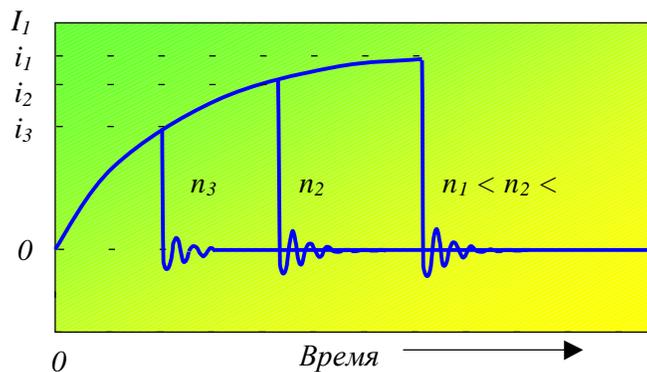


Рис.1.2.13. Ток в первичной обмотке для различных оборотов коленчатого вала n

При увеличении оборотов двигателя число прерываний первичной цепи в единицу времени растет, а время замкнутого состояния контактов прерывателя уменьшается. Это, в свою очередь, приводит к снижению тока I_1 , так как он не успевает за время замкнутого состояния контактов увеличиться до своего установившегося значения.

Вследствие этого, для батарейно-катушечных контактных систем зажигания характерно снижение вторичного напряжения U_2 с ростом частоты вращения двигателя (см. рис.1.2.13.)

Во всех случаях работы системы зажигания развиваемое ею напряжение, должно быть выше пробивного напряжения, особенно в режиме пуска и холостого хода двигателя.

Время, отведенное в рабочем цикле двигателя на сгорание рабочей смеси (время движения поршня в районе ВМТ), с увеличением частоты вращения коленчатого вала уменьшается, а скорость сгорания смеси изменяется незначительно. Поэтому с возрастанием частоты вращения необходимо увеличивать угол опережения зажигания.

При постоянной частоте вращения коленчатого вала и увеличении нагрузки двигателя уменьшается количество остаточных газов в рабочей смеси, скорость ее сгорания увеличивается, что требует уменьшения угла опережения зажигания.

Эти обстоятельства требуют автоматического регулирования угла опережения зажигания по частоте вращения коленчатого вала и нагрузке двигателя.

Рассмотрим реализацию этого управления на примере механических регуляторов в контактной системе зажигания.

Центробежный регулятор опережения зажигания

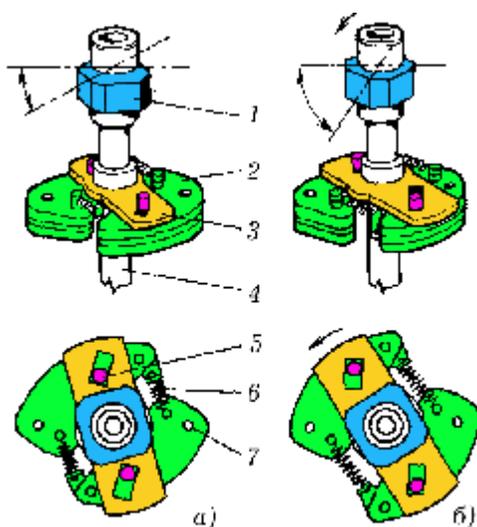


Рис. 1.2.14. Центробежный регулятор опережения зажигания:

а — на малой частоте вращения коленчатого вала; б — на высокой частоте вращения коленчатого вала; 1 — кулачок; 2 — грузик; 3 — пластина; 4 — валик привода; 5 — штифт; 6 — пружина; 7 — ось грузика

Автоматическое регулирование опережения в зависимости от частоты вращения двигателя осуществляется с помощью центробежного регулятора, смонтированного на валу распределителя (см. рис. 1.2.14).

Регулятор включает в себя два подпружиненных грузика, которые под действием центробежных сил расходятся и через рычажную передачу поворачивают основание контактов прерывателя относительно кулачка, тем самым, меняя момент размыкания контактов в зависимости от скорости вращения вала.

Опережение зажигания, необходимое для работы двигателя на разных скоростях, определяется разработчиком для каждого конкретного типа двигателя экспериментально. Суть эксперимента состоит в том, что для разных скоростей работы двигателя подбирается такое опережение, при котором достигается максимальная мощность. Для типичного 4-тактного автомобильного двигателя зависимость угла опережения от скорости выглядит примерно так, как изображено на рис. 1.2.15.



Рис. 1.2.15. Типичная кривая опережения зажигания

В идеале регулятор опережения должен воспроизводить эту функцию, но практически этого достичь не удастся и приходится довольствоваться некоторым компромиссным решением.

Пружины, возвращающие на место центробежные грузики регулятора опережения, имеют линейную характеристику, т.е. их удлинение пропорционально приложенной силе. Соответственно и регулятор с такими пружинами будет иметь линейную характеристику - см. рис. 1.2.16 (а) (две линии на рисунке показывают допустимые границы). Обратите внимание на то, что регулирование заканчивается при скорости вала распределителя около 2000 об/мин (что соответствует скорости двигателя 4000 об/мин), когда подвижное основание контактов прерывателя достигает ограничительного упора.

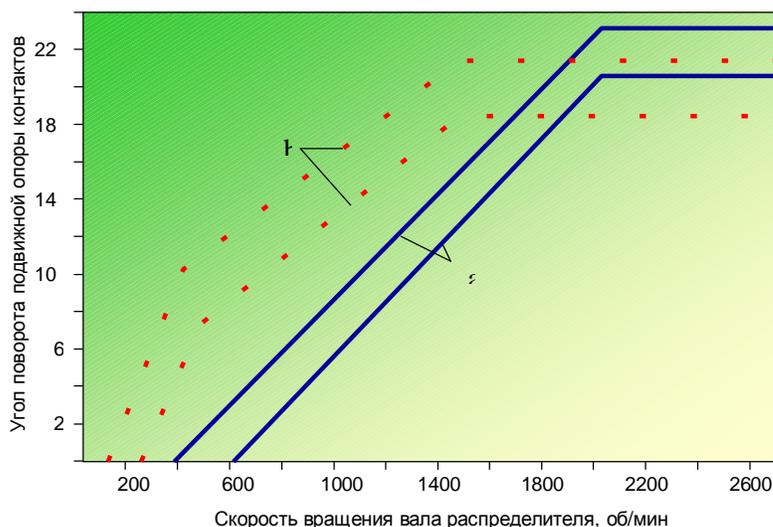


Рис. 1.2.16. Типичные характеристики регуляторов опережения зажигания с одной (а) и двумя (б) пружинами

1. Более сложную кривую можно получить с помощью двух пружин с разной жесткостью. В такой конструкции вторая пружина изначально не препятствует грузикам расходиться, поскольку один ее конец выполнен в виде удлиненной петли, а вступает в действие только при некотором удалении грузиков от исходного положения. Характеристика такого регулятора показана на рис. 2.16 (б).

Сначала такой регулятор быстро увеличивает опережение примерно на 9° за первые 400 об/мин, пока грузики удерживаются только одной пружиной. Затем, когда вступает в работу вторая пружина, темп повышения опережения замедляется и при скорости вала распределителя около 1350 об/мин прекращается совсем, когда угол опережения возрастает на $18 \dots 20^\circ$. Эта характеристика типична, но может варьироваться для разных двигателей.

Как упоминалось выше, вступление в действие второй пружины задерживается за счет удлиненной петли на одном из ее концов. Размеры петли должны выдерживаться достаточно точно, иначе вид характеристики будет иным, и двигатель не будет работать в оптимальном режиме.

Вакуумный регулятор опережения зажигания

Центробежный регулятор изменяет опережение зажигания в зависимости от скорости двигателя, чтобы дать рабочей смеси время для полного сгорания. Однако при движении автомобиля с постоянной скоростью и при малой нагрузке двигатель работает на обедненной смеси, скорость горения которой замедляется. Поэтому для такого режима движения требуется дополнительное опережение.

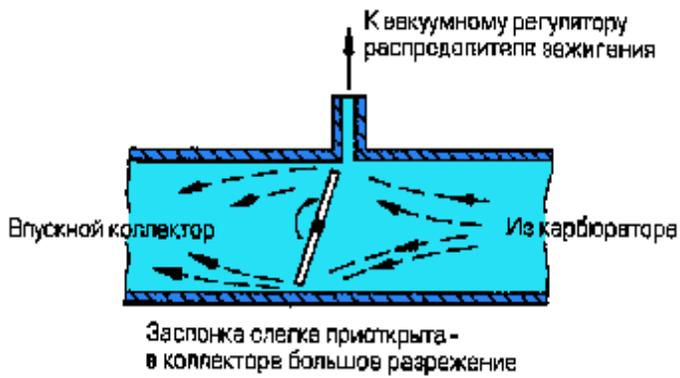


Рис.1. 2.17. Разрежение во впускном коллекторе

Для регулирования опережения в зависимости от нагрузки двигателя используется тот факт, что при больших нагрузках, т.е. при полностью открытом дросселе, разрежение во впускном коллекторе сравнительно мало, тогда как при малых нагрузках, когда заслонка прикрыта, разрежение возрастает (см. рис. 1.2.17).

Отверстие в коллекторе рядом с заслонкой соединено шлангом с вакуумной камерой, внутри которой установлена подпружиненная диафрагма. Диафрагма соединена тягой с подвижной опорой контактов прерывателя. При повышении разрежения диафрагма втягивается и через тягу поворачивает опору контактов в сторону, противоположную вращению кулачка, тем самым, увеличивая опережение зажигания.

Сила, создаваемая разрежением на диафрагме, уравнивается пружиной. Поворот опоры контактов определяется ходом тяги, которая имеет ограничительный упор. Начальное положение вакуумного регулятора выставляется с помощью зажима на основании его корпуса, или микрометрической винта (см. рис. 1.2.18).

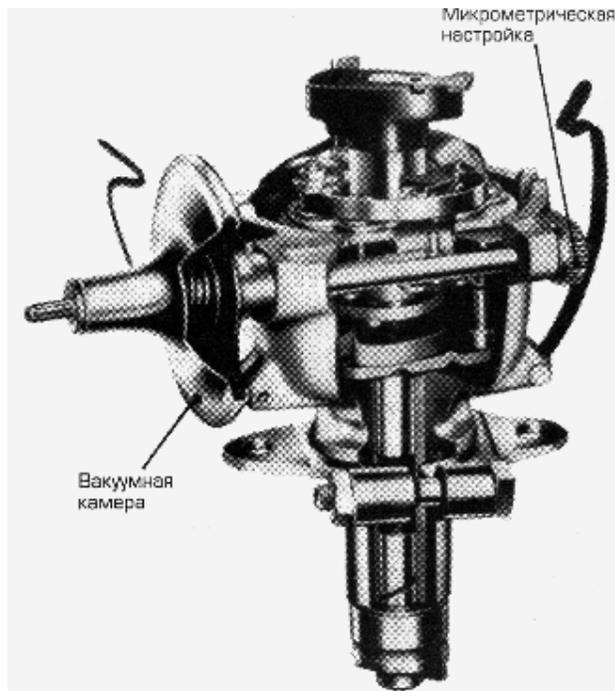


Рис. 1.2.18

Вакуумный регулятор вступает в работу при следующих обстоятельствах:

- на холостом ходу разрежение во впускном коллекторе велико, поскольку дроссельная заслонка почти закрыта. Однако вакуумный регулятор при этом отключен, поскольку дроссельная заслонка отсекает приемное отверстие вакуумного шланга;
- при движении с постоянной скоростью по ровной дороге двигатель работает с малой нагрузкой и заслонка лишь слегка приоткрыта. Тем не менее, вакуум передается в камеру регулятора, и регулятор увеличивает опережение;
- для полной загрузки двигателя водитель нажимает до конца педаль акселератора и полностью открывает дроссельную заслонку. Разрежение во впускном коллекторе значительно понижается, и пружина вакуумного регулятора возвращает контакты прерывателя в исходное положение. Опережение зажигания определяется теперь только центробежным регулятором.

На рис. 1.2.19 показано изменение давления во впускном тракте.

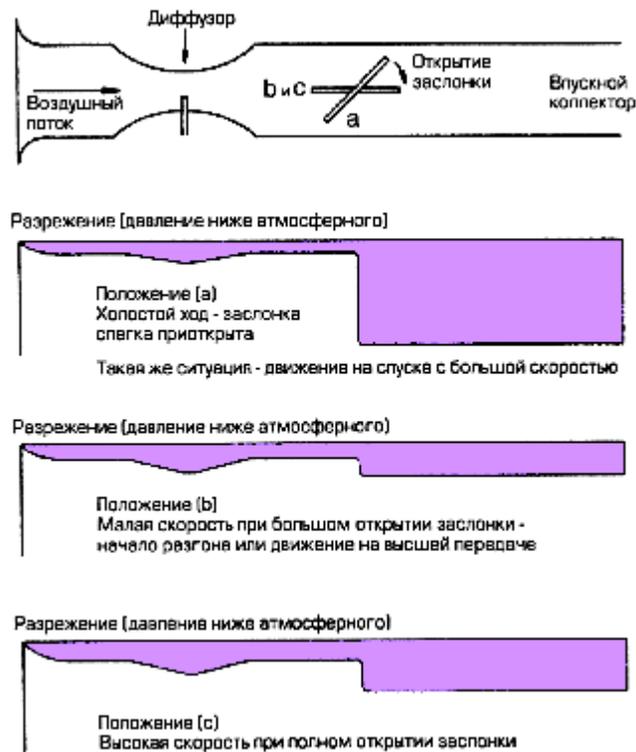


Рис. 1.2.19. Давление во впускном воздушном тракте

3.Электронные системы зажигания.

Термин "электронные системы" означает, что в системе в той или иной мере использованы полупроводниковые устройства - диоды, транзисторы, тиристоры и пр. для управления, переключения, усиления потоков электроэнергии.

До изобретения и широкого распространения полупроводниковых приборов использование электронных устройств в автомобилестроении было практически невыполнимым. Существовавшие в то время электронные устройства были громоздкими, энергоёмкими и ненадежными. Однако, начиная с середины 60-х годов, положение коренным образом изменилось и современные электронные устройства могут вполне успешно использоваться в самых различных системах автомобиля, в том числе и в системах зажигания.

Типы электронных систем зажигания:

В настоящее время существует три типа систем зажигания, использующих электронные устройства:

- контактные системы с электронным усилением;
- системы, использующие разряд конденсатора;
- индуктивные системы.

Контактные системы с электронным ключом

Эти системы появились первыми и представляли собой попытку улучшить характеристики батарейно-катушечной системы, не меняя её основных принципов.

Первым шагом было использование транзисторного ключа для прерывания цепи первичной обмотки катушки зажигания. Для управления включением и выключением электронного ключа использовались все те же контакты прерывателя.

Простейшая схема такой системы изображена на рис. 1.2.20. Роль электронного

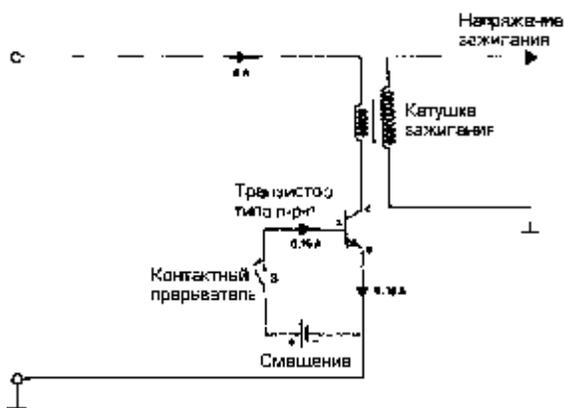


Рис. 1.2. 20. Принцип работы электронного ключа

ключа в ней выполняет транзистор типа п-р-п, включенный в цепи первичной обмотки катушки зажигания. Ток обмотки проходит от коллектора (с) к эмиттеру (е) до тех пор, пока эмиттер имеет отрицательное напряжение относительно базы (б).

При размыкании контактов прерывателя S положительное напряжение от базы отключается и ток эмиттера прерывается.

Цифры на схеме показывают, что ток базы, а следовательно, и ток через контакты (0.16А) составляет лишь 2% от управляемого транзистором тока (8А).

Таким образом, транзисторный ключ может включать и выключать довольно большой ток, требуя для своего управления ток значительно меньшей силы.

Показанная схема иллюстрирует только принцип. Практического применения она не получила, поскольку требует для смещения напряжения базы относительно эмиттера дополнительного источника напряжения.

Поскольку через контакты теперь протекает малый ток (в данном случае 0.16 А), долговечность контактов значительно возрастает. Кроме того, в этой схеме уже не требуется конденсатор, поскольку контакты отделены от первичной обмотки катушки. Ресурс контактов даже при такой простой схеме повышается до 100 000 км.

При разработке катушки зажигания для схемы управления с транзисторным ключом приходится принимать во внимание индуктивность катушки.

Индуктивность, кроме всего прочего, зависит от числа витков обмотки. Энергия магнитного поля катушки составляет

$$W = 1/2 LI^2,$$

где W – запасенная энергия (Джоули);

I – ток в обмотке катушки (Амперы);

L – индуктивность катушки (Генри):

Важно, чтобы при замыкании контактов ток в обмотке катушки вырос как можно быстрее, чтобы успеть накопить достаточную энергию перед следующим размыканием.

Индуктивность в электрической цепи подобна маховику. Как тяжелый маховик требует времени для раскрутки до заданной скорости, так и индуктивность препятствует нарастанию тока в цепи.

Время нарастания тока в первичной обмотке существенно сдерживает частоту вспышек. Поэтому разработчики приняли решение увеличить ток в первичной обмотке катушки с 3 А до 8 А. Это позволило уменьшить число витков первичной обмотки, но потребовало увеличить коэффициент трансформации катушки (отношение числа витков вторичной и первичной обмоток) до 250:1 и даже до 400:1, тогда как в обычной системе это соотношение равно 66:1.

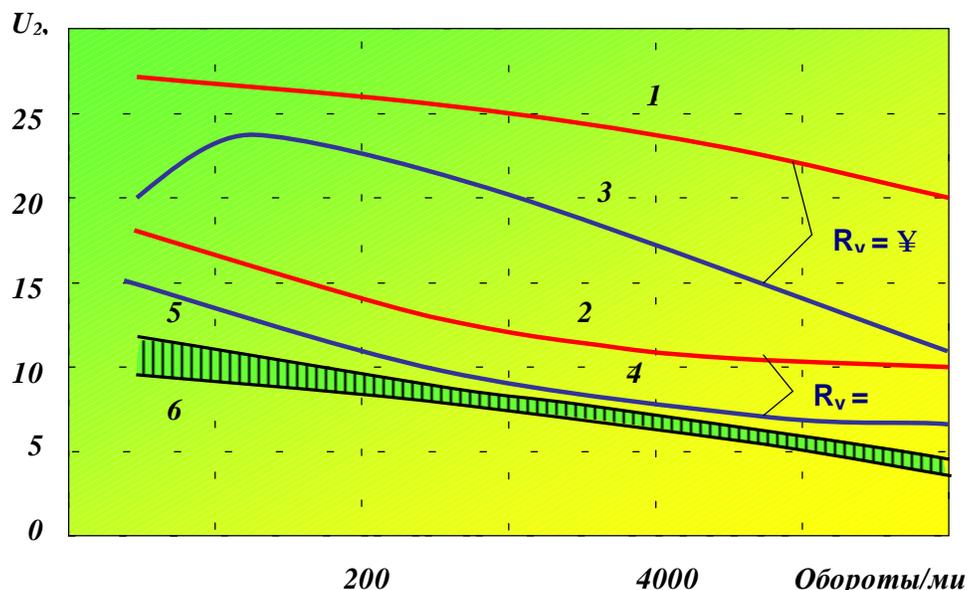


Рис. 1.2.21. Зависимость вторичного напряжения от частоты вращения двигателя при различных значениях сопротивления утечки R_y (нагаре) свечи

1, 2 – транзисторная система,

Уменьшение числа витков первичной обмотки, кроме того, позволило снизить активное сопротивление катушки и связанные с этим тепловые потери.

Снижение индуктивности катушки зажигания имеет и еще одно важное значение. Дело в том, что при резком уменьшении тока в первичной обмотке, в ней возникает э. д. с. самоиндукции, которая может во много раз превзойти напряжение бортовой сети. Это напряжение может представлять опасность для других электрических и особенно

электронных приборов автомобиля. Поэтому понятно стремление разработчиков максимально снизить индуктивность катушки.

Скорость нарастания силы тока в первичной обмотке катушки является главным фактором, определяющим максимальную частоту работы системы зажигания. (см. рис. 1.2.13). Также снижение вторичного напряжения обуславливается наличием на свече за счет утечки энергии через сопротивление нагара (сопротивление утечки - R_y) в период от начала нарастания вторичного напряжения до момента пробоя искрового промежутка свечи. Уменьшение индуктивности катушки, которое становится возможным с применением электронного ключа, позволяет значительно повысить быстродействие системы (см. рис. 1.2. 21).

Преимущества системы зажигания с электронным ключом, позволяющие повысить частоту и мощность искры, долговечность свечи и контактов прерывателя, в целом увеличивают интервал между обслуживаниями системы.

Вместе с тем, к недостаткам этой системы следует отнести оставшийся в ней механический прерыватель с контактами. В настоящее время автомобили с такой системой зажигания не выпускаются, хотя основанные на этом принципе наборы, предназначенные для модернизации старых автомобилей силами домашнего механика, остаются очень популярными.

Конденсаторное зажигание

В системах этого типа в цепь первичной обмотки катушки зажигания включен конденсатор, который запасает энергию, а затем разряжается через первичную обмотку.

В отличие от других систем зажигания, в этой системе энергия, проходящая через катушку зажигания, всегда постоянна и определяется следующим образом:

$$\text{Энергия} = 1/2 CV^2 \text{ Джоулей,}$$

где C - емкость конденсатора в фарадах;

V - напряжение на клеммах конденсатора в вольтах.

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

Принцип работы конденсаторной системы зажигания показан на рис. 1.2.22. Конденсатор заряжается от источника напряжения 350 В. В нужный момент включается электронный ключ и конденсатор быстро разряжается через первичную обмотку трансформатора. Этот импульс создает во вторичной обмотке напряжение около 40 кВ, которое подается на свечу.

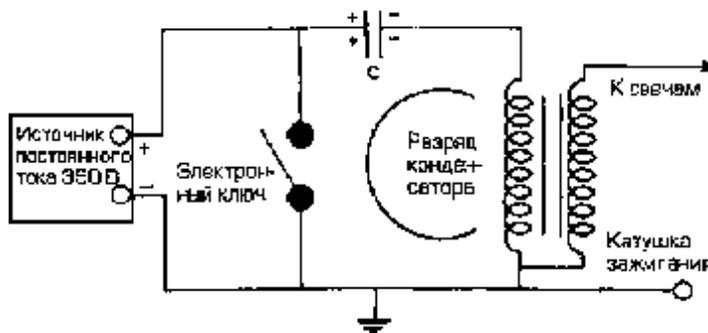


Рис.1.2.22. Принцип работы конденсаторной системы зажигания

Роль электронного ключа выполняет силовой тиристор. Для управления тиристором требуется очень малый ток, причем он может подаваться в виде очень короткого импульса.

Вернемся снова к рис. 1.2.22. При его внимательном изучении возникает вопрос: почему электронный ключ не

замыкает накоротко источник питания? Конечно, он его замыкает, но из-за большого внутреннего сопротивления источника ток короткого замыкания через него будет пренебрежимо мал по сравнению с током разряда конденсатора через первичную обмотку.

Управлять моментом зажигания можно и в этом случае с помощью контактного прерывателя, однако предпочтительнее для этой цели воспользоваться генератором импульсов индукционного или оптического типа, либо основанным на эффекте Холла.

Если в качестве спускового устройства используется контактный прерыватель, необходимо принять специальные меры против возникновения случайных импульсов, вызванных колебаниями подвижного контакта при высоких скоростях работы двигателя. Пусковой импульс на управляющем электроде тиристора должен быть по возможности чистым и иметь прямоугольную форму.

Короткое время заряда конденсатора (порядка 250 микросекунд) снижает требования к углу замкнутого состояния контактов. Катушки зажигания для обычной и конденсаторной систем зажигания, не взаимозаменяемы, поскольку катушка конденсаторного зажигания не должна обладать большой индуктивностью для быстрого разряда конденсатора.

Преимуществом конденсаторной системы является малое время восстановления заряда, которое примерно в 10 раз меньше, чем время подготовки к очередному разряду в обычной системе зажигания.

Быстрый заряд имеет следующие достоинства:

- утечка тока на стороне высокого напряжения перестает иметь значение, поскольку разряд происходит быстрее, чем сколько-нибудь значительная часть заряда успеет стечь. Таким образом, грязь, отложения сажи, сырость и пр. практически не мешают системе нормально работать;
- быстрый разряд сбивает с электродов свечи любую грязь и нагар, поэтому период обслуживания свечей значительно удлиняется. Практически о свече можно не думать на протяжении по крайней мере 1000 000 км пробега;
- длительность разряда составляет от 100 до 300 микросекунд. Столь короткий разряд снижает надежность поджигания рабочей смеси. В качестве частичной компенсации этого недостатка высокое напряжение на электродах свечи позволяет увеличить свечной зазор, т.е. увеличить длину искры.

Тем не менее, конденсаторные системы зажигания не находят широкого применения на автомобилях. В ряде случаев она используется на двигателях большой мощности, например Porsche, а также на автомобилях специального назначения.

Бесконтактные системы зажигания

Для подачи сигнала на вспышку в нужный момент необходим какой-либо датчик. Контактный прерыватель является частным случаем такого датчика, однако датчик может быть и бесконтактным. Бесконтактный датчик имеет следующие преимущества перед контактным:

- а) Уменьшение износа, люфтов и биений;
- б) Как следствие (а), повышение точности;
- в) Опережением можно управлять с помощью электронных устройств, имеющих более высокую точность и широкие возможности по сравнению с механическими регуляторами;
- г) Снижение энергии искры с ростом оборотов двигателя может быть предотвращено электронным регулированием угла замкнутого состояния.

Датчик, запускающий разряд свечи, часто называют генератором импульсов или генератором сигналов.

Генераторы импульсов бывают трех типов:

- а) Оптические
- б) Генераторы Холла
- в) Индукционные

Блок-схема на рис. 1.2.23 показывает прохождение импульсного сигнала от генератора до свечи.



Рис. 1.2.23. Электронная система зажигания с запуском от генератора импульсов

Оптический генератор импульсов

Сегментированный диск, закрепленный на валу, распределителя перекрывает инфракрасный луч, направленный на фототранзистор (см. рис. 1.2.24). В течение промежутка времени, пока фототранзистор освещен, через первичную обмотку катушки идет ток. Когда диск перекрывает луч, датчик посылает в блок управления импульс, который прерывает ток в катушке и таким образом генерирует искру.

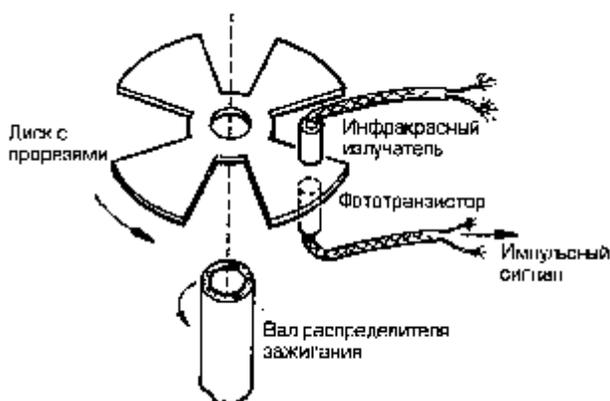


Рис. 1.2.24. Оптический генератор импульсов

Источником инфракрасного излучения служит полупроводниковый диод из арсенида галлия.

На рис. 1.2.25 показана форма импульса оптического генератора.

Обычно такие генераторы задают постоянный угол включенного состояния катушки независимо от скорости, но качество зажигания от этого не страдает, поскольку на это не оказывает влияния динамика подвижного контакта.

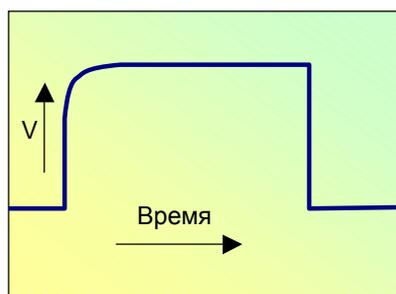


Рис. 1.2.25. Форма импульса оптического генератора

Генератор Холла

Устройство содержит пластинку кремния, к двум боковым граням которой приложено небольшое напряжение. Если пластинку поместить в магнитное поле, то на двух других гранях пластинки также появится напряжение (см. рис. 1.2.26). В этом состоит эффект Холла.

Изменение магнитного поля вызовет изменение напряжения Холла, которое можно использовать для управления разрядом свечи. На рис. 1.2.27 показано устройство генератора импульсов, основанного на эффекте Холла.

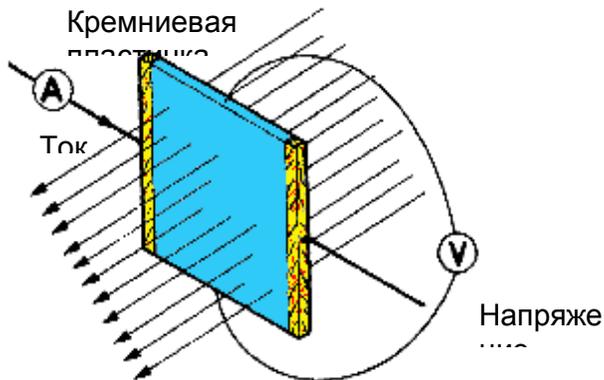


Рис. 1.2.26. Эффект Холла

Через кремниевую 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.

Изменение магнитного поля вызовет изменение напряжения Холла, которое можно использовать для управления разрядом свечи. На рис. 1.2.27 показано устройство генератора импульсов, основанного на эффекте Холла. Магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом, может прерываться лопастями обтюратора, вращающегося на валу распределителя зажигания.

При открытом зазоре между постоянным магнитом и датчиком Холла (А) пластинка выдает напряжение. Если зазор перекрывается лопастью обтюратора, магнитное поле замыкается через лопасть и не попадает на пластинку Холла. Напряжение при этом падает (см. рис. 1.2.29).

Рис. 1.2.28 иллюстрирует работу устройства. При открытом зазоре между постоянным магнитом и датчиком Холла (А) пластинка выдает напряжение. Если зазор перекрывается лопастью обтюратора, магнитное поле замыкается через лопасть и не попадает на пластинку Холла. Напряжение при этом падает (см. рис. 1.2.29).

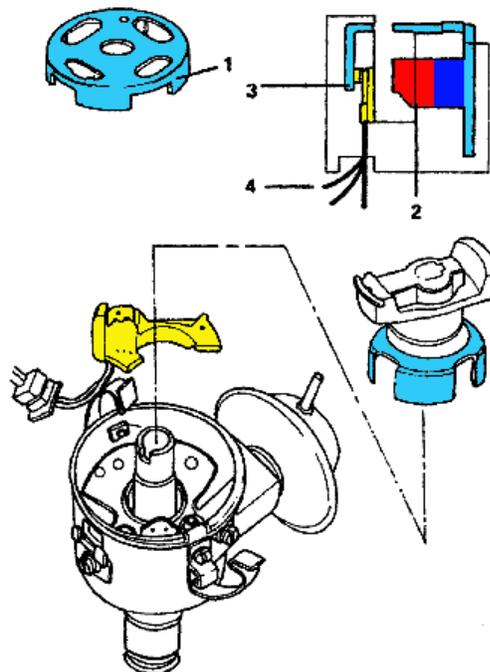


Рис. 1.2.27. Конструкция генератора Холла:

1 - обтюратор с лопастями; 3 - чувствительный элемент; 2 - постоянный магнит

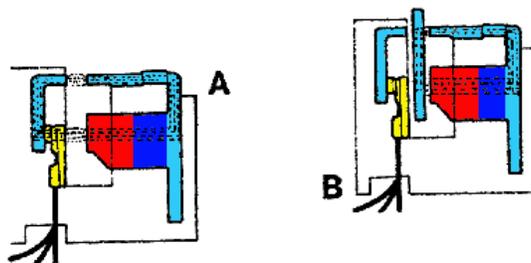


Рис. 1.2.28. Принцип действия генератора Холла:

А. Зазор не перекрыт. Магнитное поле проходит через датчик. На выходе генератора высокое напряжение.

В. Лопасть прервала магнитное поле. На выходе генератора низкое напряжение.

Сигнал с грани пластинки попадает в усилитель и формирователь импульсов, после чего он может управлять включением и выключением катушки.

Основанный на эффекте Холла генератор фирмы Bosch имеет соотношение лопасть-окно 70:30, т.е. постоянный угол замкнутого состояния. Однако на катушке этот угол может изменяться путем электронного регулирования ширины импульсов.

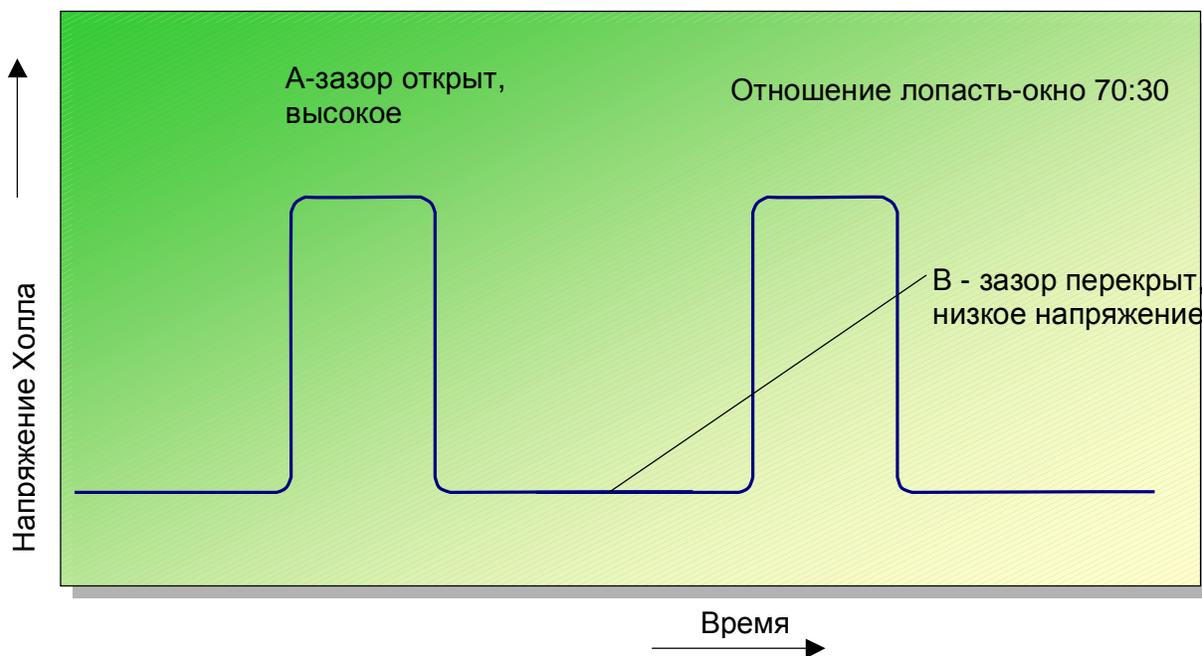


Рис. 1.2.29. Форма импульсов на выходе генератора Холла

Заметим в заключение, что при высоком уровне напряжения Холла первичная обмотка катушки отключена и свеча дает разряд, т.е. *разряд свечи происходит в момент, когда лопасть обтюратора выходит из зазора.*

Генератор Холла имеет высокую надежность и, в отличие от оптического генератора, не столь чувствителен к загрязнению.

Индукционный датчик

Напомним, что, если катушка находится в переменном магнитном поле, то в катушке индуцируется напряжение. Напряжение индукции зависит от:

- а) скорости изменения магнитного поля;
- б) числа витков катушки;
- в) знака изменения магнитного поля [нарастание или убывание].

Этот принцип также можно использовать для управления моментом зажигания. На рис. 1.2.30 схематично показан датчик индукционного типа.

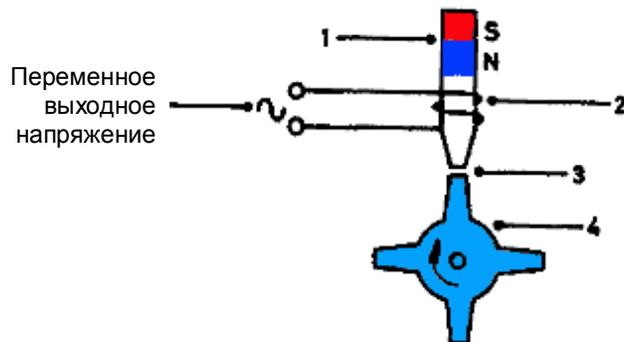


Рис.1.2.30. Индукционный генератор импульсов с постоянным магнитом:

1 - постоянный магнит; 2 - индукционная обмотка; 3 - переменный воздушный зазор; 4 - зубчатое колесо

Датчик 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, в результате чего в

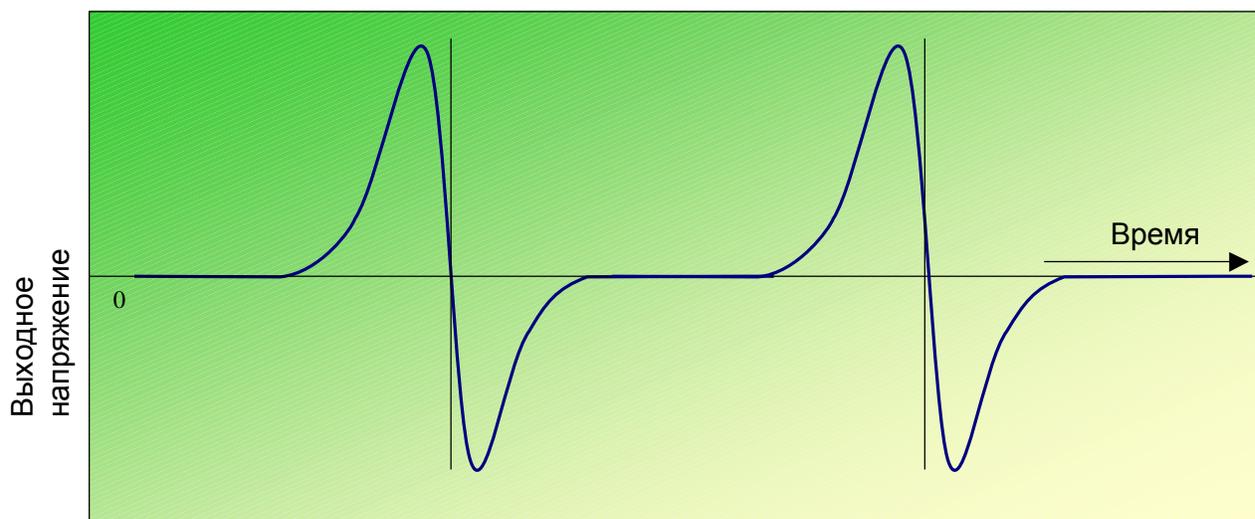


Рис. 1.2.31. Выходное напряжение индукционного генератора

обмотке индуцируется э.д.с. переменного знака (см. рис. 1.2.31). Сигналы датчика проходят через формирователь импульсов и далее поступают на управление первичной обмоткой катушки зажигания.

При увеличении скорости выходное напряжение датчика будет меняться по двум параметрам:

- а) возрастет частота импульсов;
- б) напряжение вырастет с долей вольта до сотни вольт.

Система может работать во всем указанном диапазоне параметров.

В некоторых конструкциях датчик может быть установлен в зоне маховика, при этом выступы, замыкающие магнитное поле, закреплены на маховике болтами.

Электронное зажигание с индукционным генератором импульсов

Типичные схемы содержат:

- а) **Катушку зажигания** с малой индуктивностью и сопротивлением первичной обмотки менее 1 Ома.
- б) **Балластный резистор** последовательно с первичной обмоткой для ограничения тока. Балластный резистор иногда изготавливается из провода с положительным температурным коэффициентом: пока двигатель не прогреет, сопротивление мало, через первичную обмотку проходит большой ток и разряд свечи имеет большую мощность. При пуске двигателя балластный резистор шунтируется, что делает возможным пуск при пониженном напряжении аккумулятора.
- в) **Распределитель зажигания**, в котором собран весь или только часть генератора импульсов, обычный ротор распределителя с крышкой, а также центробежный и вакуумный регуляторы опережения.
- г) **Электронный блок управления**, в котором имеется формирователь импульсов, регулятор угла замкнутых контактов и электронный ключ для управления включением первичной обмотки катушки.

В современных системах цепи управления имеют обратную связь по углу замыкания и по току в первичной обмотке.

Управление углом замкнутого состояния

В системах зажигания с контактным прерывателем УГОЛ замкнутого состояния (т.е. угол поворота коленчатого вала, в течение которого контакты замкнуты и через первичную обмотку катушки проходит ток) определяется профилем кулачка прерывателя и регулировкой зазора между контактами.

Тем не менее, ПЕРИОД (т.е. время) замкнутого состояния не остается постоянным и уменьшается с ростом оборотов двигателя. В результате при большой скорости вращения многоцилиндрового двигателя время замкнутого состояния может оказаться недостаточным для нарастания тока в первичной обмотке до необходимого уровня (из-за индуктивности катушки) и искра начнет слабеть или вообще пропадать.

На рис. 1.2.32 показано изменение напряжения во вторичной обмотке катушки. Верхний пик напряжения соответствует началу разряда свечи. Горизонтальная площадка с более низким уровнем напряжения показывает напряжение, необходимое для поддержания разряда. После окончания разряда оставшаяся энергия обмотки рассеивается через

колебательную цепочку, образованную индуктивностью катушки, а также емкостью высоковольтных проводов системы.

В точке А включается первичная обмотка катушки и начинается период включенного состояния. Увеличение этого периода может быть достигнуто перемещением точки А влево вплоть до момента окончания разряда свечи.

Регулирование периода включенного состояния осуществляется с помощью электронных устройств.

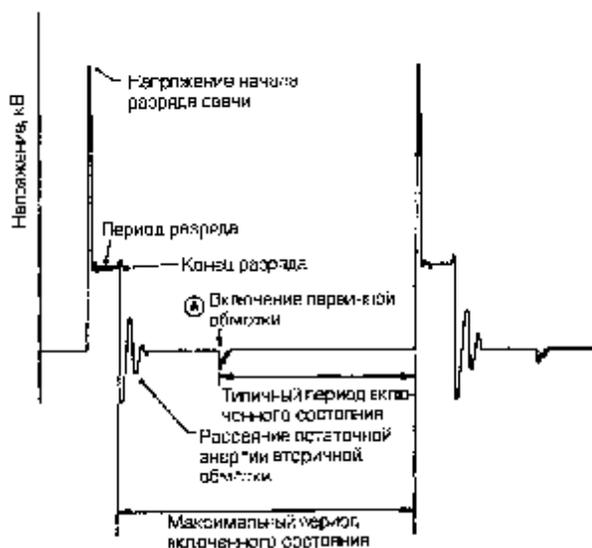


Рис. 1.2.32. Напряжение во вторичной обмотке катушки зажигания

Электронное зажигание с генератором Холла

Выходное напряжение генератора Холла ниже, чем у индукционного датчика, поэтому его требуется сначала усилить. Обычно усилитель вместе с формирователем импульсов выполняют в виде одной интегральной схемы и помещают ее в корпус распределителя. В состав этой же интегральной схемы включают стабилизатор питающего напряжения и температурный компенсатор.

Недостатком генератора Холла является постоянный угол включенного состояния катушки, который задан в конструкции генератора шириной лопастей. Зато этот угол не изменяется в процессе эксплуатации и не требует регулировки, как системы с механическими контактами.

Системы постоянной энергии с генератором Холла

Системы постоянной энергии - это термин, обозначающий такую систему управления первичной обмоткой катушки зажигания, которая обеспечивает высокую энергию разряда свечи независимо от условий работы двигателя.

Системы управления зажиганием дополняются также устройством, которое должно отключать первичную обмотку катушки при включенном зажигании, но не работающем двигателе.

Система предусматривает:

- а) Ограничение тока катушки на заданном уровне
- б) Постоянство напряжения начала разряда свечи при всех режимах работы двигателя
- в) Отсутствие балластных сопротивлений.

Часто в дополнение к указанным качествам система предусматривает также отключение тока катушки при неработающем двигателе и включенном зажигании.

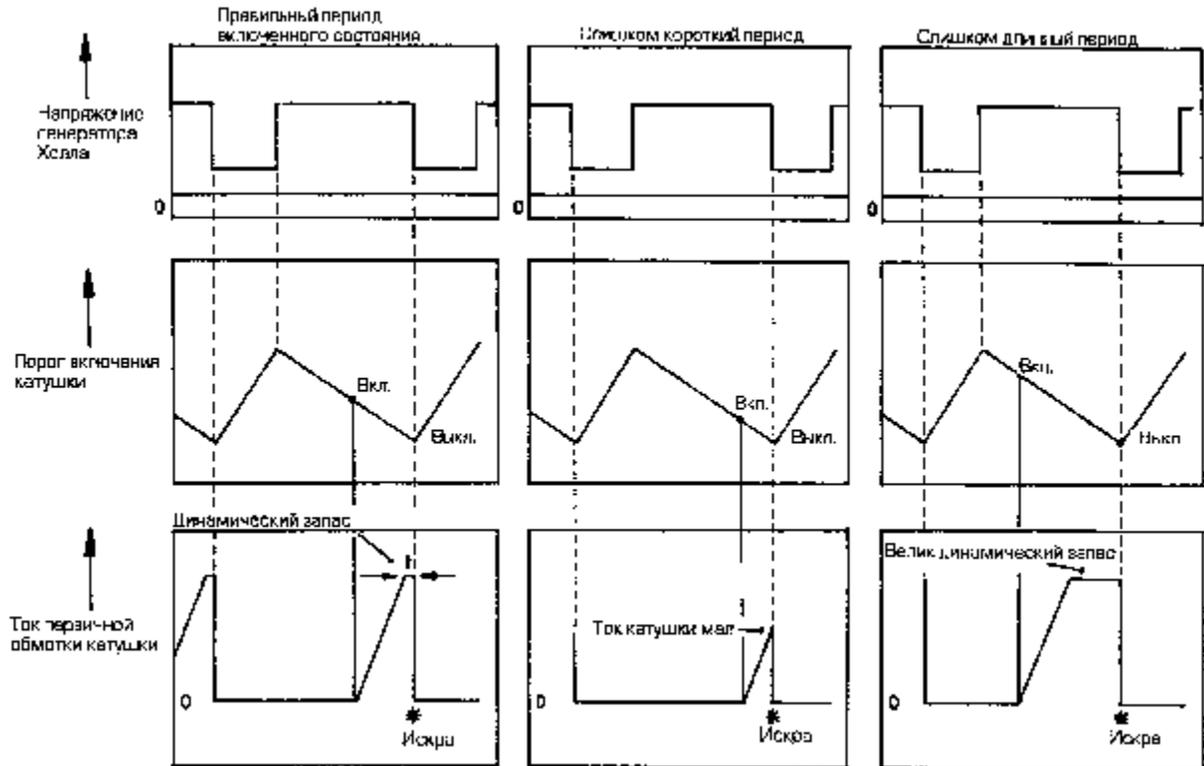


Рис. 1.2.33. Управление моментом включения первичной обмотки катушки путем изменения порога запуска импульса

Достижение свойств а), б) и в) осуществляется за счет введения обратной связи в системе управления углом включенного состояния по току в первичной обмотке катушки.

Регулятор периода включения тока катушки

В случае индукционного генератора форма его выходного сигнала позволяет регулировать момент включения тока катушки за счет смещения в схеме формирователя импульсов. Сигнал генератора Холла имеет иную (почти прямоугольную) форму и этот способ регулирования здесь не годится. Поэтому сигнал генератора Холла сначала преобразуется в импульсы треугольной формы одновременно с их усилением и инвертированием (см. рис. 1.2.33). Разность напряжений, снимаемая с компаратора, устанавливает пороговое напряжение, при котором нарастающее напряжение импульса откроет силовой ключ (ключ Дарлингтона), управляющий током катушки. Это пороговое напряжение таково, что ток в катушке достигает заданного уровня и удерживается на нем в течение заданного промежутка времени t . Этот небольшой промежуток необходим как запас для устойчивой работы системы на переходных режимах, например, при разгоне двигателя.

Начало импульса соответствует включению первичной обмотки катушки и началу периода включенного состояния. Конец импульса соответствует прерыванию тока катушки, т.е. началу разряда.

Изменения напряжения, снимаемого с компаратора, приводят к тому, что:

- а) период включенного состояния увеличивается, если ток в катушке не достигает заданного уровня, либо
- б) период уменьшается.

Управление пиковым значением тока

Сигнал с измерительного резистора в цепи катушки содержит информацию о пиковом значении тока в первичной обмотке катушки зажигания. Компаратор сравнивает это значение с эталонным и подает управляющее напряжение на драйвер. Если достигнут предельный уровень тока, компаратор уменьшает выходное напряжение драйвера, который выключает ключ.

Таким образом обратная связь обеспечивает ограничение предельного уровня тока в катушке и действует как выключатель тока при не работающем двигателе.

Цифровые системы зажигания

Переход к цифровым системам зажигания представляет большой шаг вперед, хотя эти системы пока и не обходятся без катушки, а также центробежных и вакуумных регуляторов опережения.

Цифровые системы обеспечивают постоянство энергии искры и ограничение тока катушки. Для определения требуемого момента зажигания с учетом скорости и загрузки двигателя в них используется микропроцессор.

Возможности компьютера позволяют учесть целый ряд параметров двигателя и автомобиля, но важнейшие конечные результаты состоят в следующем:

- а) Стало достижимым создание системы постоянной энергии для двигателей, работающих на бедной смеси во всем диапазоне режимов.
- б) Опережение зажигания можно приблизить к порогу начала детонации - чем ближе работа двигателя к этому порогу, тем выше его мощность.

Точность определения и поддержания опережения с учетом скорости, нагрузки и температуры обеспечивает топливную экономичность и снижение вредных выбросов в атмосферу. В такой системе нет движущихся частей, которые бы изнашивались и требовали обслуживания, она обеспечивает постоянство холостых оборотов, хороший запуск и многое другое - все эти преимущества оправдывают высокую сложность системы. Стоимость изделий микроэлектроники постоянно снижается, и в настоящее время специалисты видят будущее именно за такими системами.

Заметим, что цифровая система зажигания может использоваться в автомобиле, независимо от того, каким образом управляется установленная на нем топливно-эмиссионная система. Однако, на большинстве современных автомобилей компьютер одновременно управляет обеими системами, и они объединены в одну общую систему управления двигателем.

При создании нового двигателя разработчики проводят его лабораторные испытания в полном диапазоне скоростей и нагрузок. Для каждого сочетания скорости и нагрузки определяется оптимальное значение опережения зажигания. По этим данным строятся графики.

При выборе оптимального опережения для каждого режима работы двигателя принимается во внимание множество факторов, таких как топливная экономичность, запас по детонации, состав выхлопных газов, крутящий момент, температура двигателя, поэтому не удивительно, что такие графики имеют не совсем гладкую форму.

Основные параметры, учитываемые при управлении углом опережения зажигания, были рассмотрены выше. Пример трехмерной карты опережения зажигания также был приведен. Здесь мы остановимся на некоторых вариантах конструктивного исполнения элементов системы.

Для измерения частоты вращения двигателя чаще всего применяется индукционный датчик, установленный в непосредственной близости от зубчатого венца маховика и выдающий импульсы напряжения прямоугольной формы, число которых соответствует числу зубьев, проходящих мимо датчика в единицу времени.

Как вариант, частоту вращения коленчатого вала двигателя и положение коленчатого вала можно измерить и на распределительном валу двигателя, особенно если от него приводится распределитель зажигания с генератором Холла. Но все же измерение параметров самого коленчатого вала является более точным.

Вместо двух датчиков для измерения скорости и положения вала можно воспользоваться одним, если зубчатый венец снабдить какой-либо специальной меткой, различимой для датчика, например, отсутствие одного зуба.

Наконец, следует заметить, что недостатком применяемых для этих целей индукционных датчиков является зависимость выходного напряжения от скорости. Таким образом, малую скорость часто измерить вообще не удается.

Датчики крайних положений дроссельной заслонки. Эти датчики посылают в блок управления сигнал о том, что дроссельная заслонка достигла одного из крайних положений - полной нагрузки или холостого хода. Сигналы крайних положений заслонки нужны блоку управления для перехода на специальные программы регулирования зажигания в этих ситуациях.

В некоторых системах управления сигнал крайнего положения дроссельной заслонки используется для отсечки топлива при увеличении оборотов двигателя сверх допустимых.

Работа электронного блока управления

Информация о характеристиках двигателя хранится в памяти компьютера в форме таблиц, называемых рабочими таблицами. Эти таблицы получаются из трехмерных карт опережения зажигания и таких же карт для периода замкнутого состояния. Рабочие таблицы могут быть составлены компьютером для различных сочетаний параметров, однако, прежде всего такими параметрами являются скорость, давление в коллекторе, температура двигателя и, возможно, напряжение аккумулятора.

Каждая из таблиц дает свое значение угла опережения, и для определения истинно требуемого угла все результаты сопоставляются. Подобным образом вычисляется и угол включенного состояния.

При включении питания микропроцессор посылает закодированный двоичный адрес, который указывает, к какой части памяти он обращается.

Затем посылается управляющий сигнал, указывающий направление и последовательность движения информации в процессор или из процессора. Работа самого процессора представляет собой серию двоичных импульсов, с помощью которых информация считывается из памяти, декодируется и выполняется. Программы выполнения операций - арифметических, логических и транспортных также записаны в памяти.

Наконец, ЭУУ выдаст команду силовому ключу системы зажигания на включение или выключение катушки в соответствии с текущим состоянием двигателя.

Последовательность сигналов цифрового управления зажиганием приведена на рис. 1.2.34.

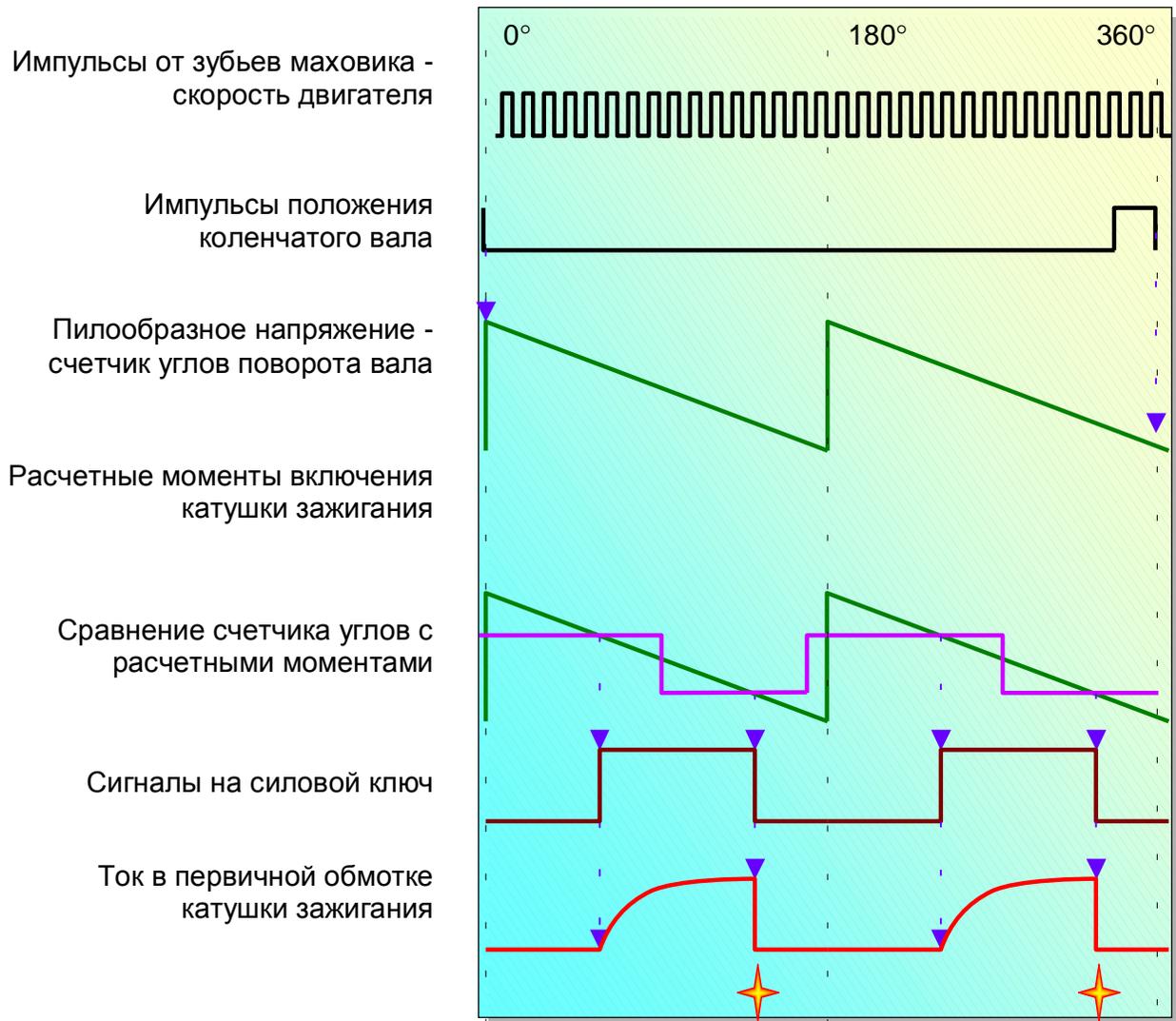


Рис. 1.2.34. Последовательность обработки сигналов в цифровых системах зажигания

В системах без датчика детонации система управления будет поддерживать опережение вблизи границы детонации, записанной в память компьютера. Это приемлемо для нового двигателя, однако в этом случае не будут учтены изменения условий работы двигателя, вызванные износом, сортом топлива и пр.

Датчик детонации позволяет ЭУУ осуществлять управление на грани детонации при любых изменениях режима работы двигателя.

Бесконтактные системы зажигания

С развитием электронных систем зажигания появилась возможность отказаться от самого ненадежного узла системы зажигания - контактного прерывателя вместе с центробежным регулятором опережения. Распределителю зажигания в этом случае оставлена единственная функция - направлять искру при очередном разряде в нужный цилиндр. Но и эта функция теперь может выполняться бесконтактным способом с помощью четырехпроводной катушки зажигания (для 4-цилиндровых двигателей).

Такая система зажигания разработана фирмой Ford для двигателей семейства HCS Valencia, устанавливаемых на автомобилях типа Escort/Orion. Распределение зажигания по цилиндрам здесь достигается с помощью двух высоковольтных катушек, оба конца которых соединены со свечами разных цилиндров. Эта идея раньше использовалась для двухцилиндровых двигателей Citroen 2CV и Visa, однако теперь, благодаря электронному управлению, она стала осуществима и на 4-цилиндровом двигателе.

Каждый раз, когда вторичная катушка получает сигнал на разряд, вспышки происходят сразу в двух цилиндрах (см. рис. 1.2.35). Разряд одной свечи происходит в цилиндре, где заканчивается такт сжатия, а второй свечи - в цилиндре, где заканчивается такт выхлопа. Первая свеча подожжет рабочую смесь и начнется обычный рабочий ход, а вторая искра пропадет впустую. В системе зажигания Форда напряжение вторичной обмотки составляет 37 кВ, что вполне достаточно для поддержания разряда в двух свечах одновременно.

Обратите внимание на то, что искра будет иметь правильную полярность только в одной свече, а в другой полярность будет "неправильной" (см. рис.1.2.36), если вспомнить, что в идеале центральный электрод должен быть положительным, а периферийный - отрицательным.

Порядок работы цилиндров обычный (1-2-4-3) и свечи, используемые в двигателе тоже обычные, но здесь их приходится заменять каждые 20 000 км.

Первичная обмотка катушки зажигания имеет сопротивление 0.5 ± 0.05 Ом, а вторичная - от 11 до 16 кОм.

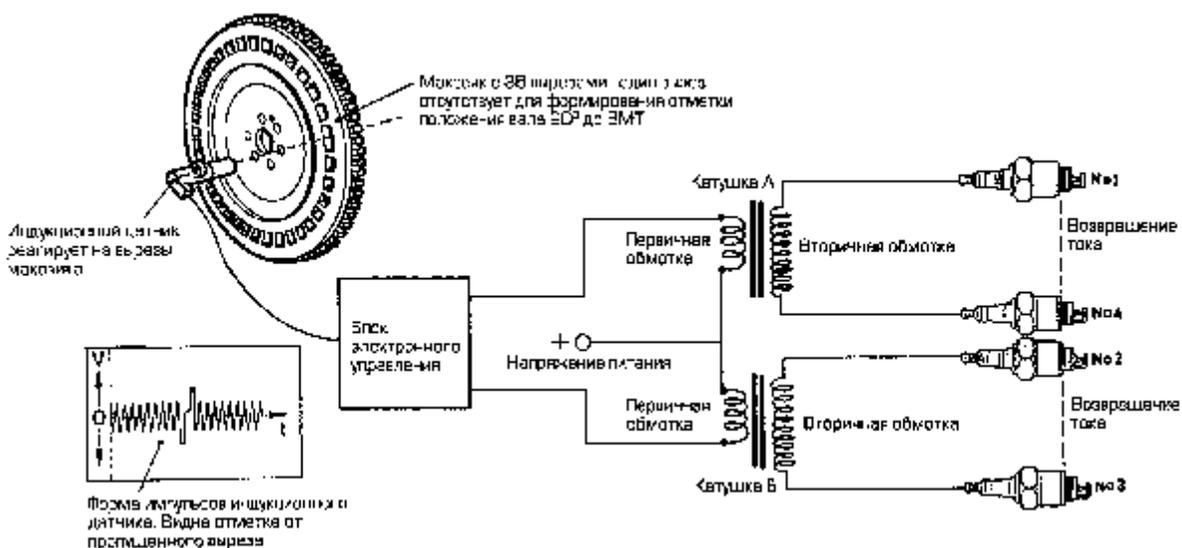


Рис. 1.2.35. Бесконтактная система зажигания.

Управляющий микропроцессор рассчитывает оптимальное опережение в зависимости от давления в коллекторе, скорости двигателя, положения коленчатого вала и температуры охлаждающей жидкости.

При выходе из строя микропроцессора система устанавливает постоянный угол опережения 10° до ВМТ, что позволяет двигателю продолжать работу, пока не появится возможность его отремонтировать.

При полной нагрузке двигателя, а также при высокой температуре воздуха во впускном коллекторе система уменьшает угол опережения, чтобы избежать ударного горения смеси. Значение угла опережения в этом случае компьютер берет из карты зажигания с учетом сигналов соответствующих датчиков.

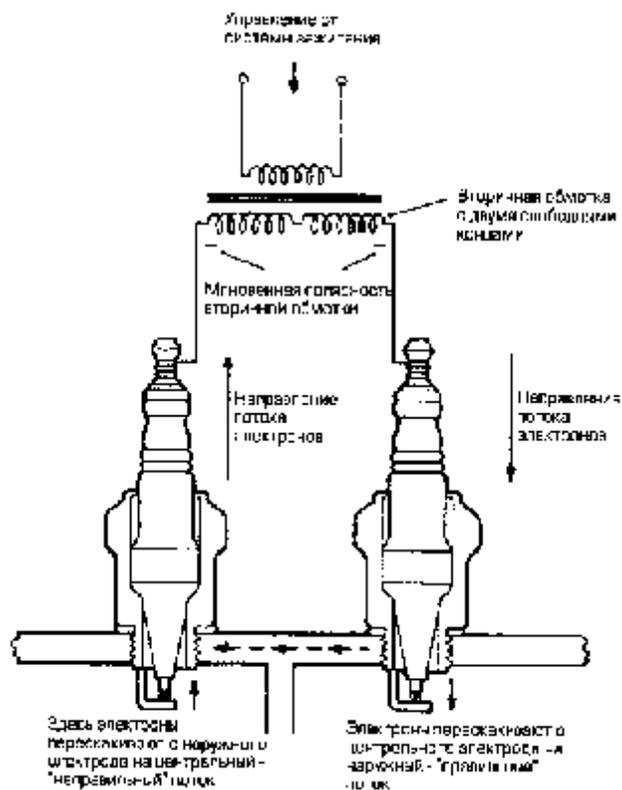


Рис. 1.2.36. Соединение свечей в бесконтактной системе зажигания.

Тема № 1
Системы управления двигателями.
Общие принципы построения и функционирования.

Лекция №3

Типы и конструктивные особенности топливно-эмиссионных систем.

Учебные вопросы:

- 1. Карбюраторы.**
- 2. Механические топливно-эмиссионные системы.**
- 3. Электронно-механические топливно-эмиссионные системы.**
- 4. Электронные комплексные топливно-эмиссионные системы.**



Рис. 1.3.1 Классификация топливно-эмиссионных систем.

Задача топливно-эмиссионной системы состоит в регулировании топливовоздушной смеси и включает в себя следующие функции: измерение количественных и качественных характеристик рабочей смеси; подачу топлива; образование рабочей смеси; распределение смеси по цилиндрам.

Водитель автомобиля управляет дроссельной заслонкой, которая регулирует количество рабочей смеси, в то время как устройство для приготовления рабочей смеси изменяет соотношение воздуха и топлива в этой смеси (качество смеси) дозированием необходимого количества топлива и смешивания его с воздухом перед подачей в двигатель.

Приготовление рабочей смеси в значительной мере зависит от типа устройства подачи топлива. Топливо обычно попадает во впускной коллектор в виде капель. Определенное количество капель топлива на пути к впускным клапанам испаряется с образованием паров (желательное явление), а другие капли осаждаются в виде пленки на стенках коллектора (нежелательное явление). Большая часть методов улучшения качества смеси при использовании центрального (одноточечного) впрыска топлива заключается в повышении степени распыления топлива у дроссельной заслонки и испаряемости топлива на нагретых стенках впускного коллектора и других горячих элементах системы топливоподачи. При использовании систем с распределенным (многоточечным) впрыском топлива хорошее образование смеси при помощи форсунок дополняется испарением топлива у горячего впускного клапана (см. Рис. 1.3.2).

При использовании одноточечного способа приготовления смеси, подача смеси к цилиндрам и распределение ее по цилиндрам осуществляется внутри впускного коллектора. Поэтому конструкция впускного коллектора оказывает основное влияние на оба этих процесса и при любых условиях трудно достичь равномерного распределения смеси по цилиндрам двигателя.

При децентрализованном приготовлении смеси в системе с многоточечным впрыском чистый воздух проходит по большей части впускного тракта. Топливо впрыскивается в воздух непосредственно перед впускным клапаном, что гарантирует равномерное распределение смеси.

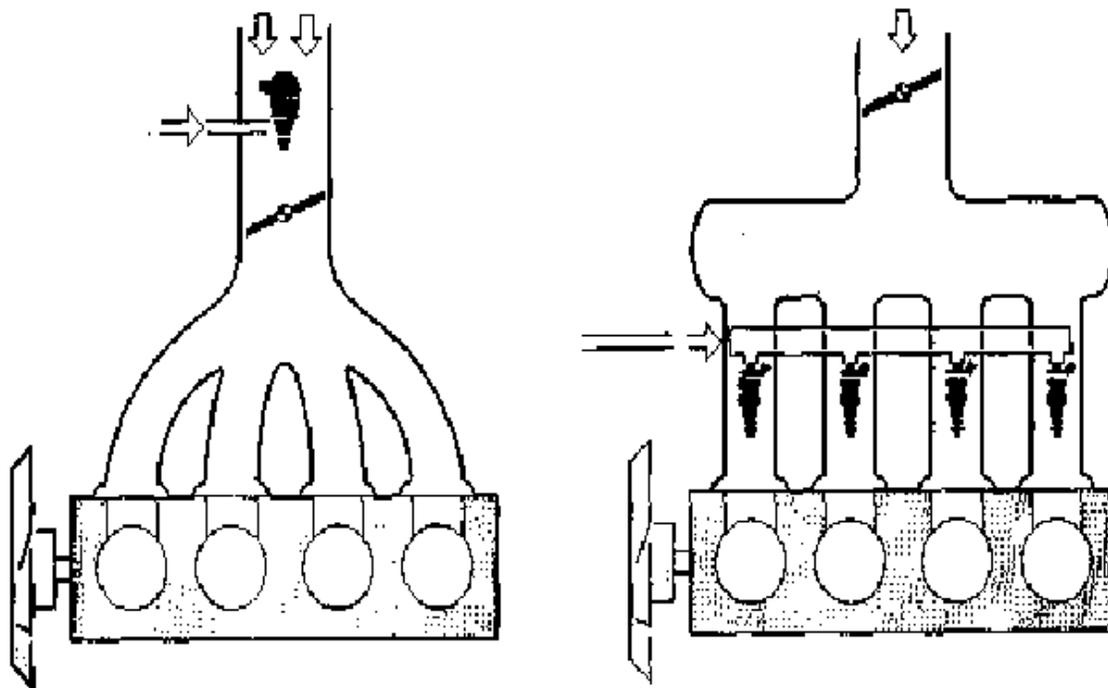


Рисунок 1.3.2

1. Карбюраторы

Карбюраторы являются очень распространённым видом механических или электронно-механических топливно-эмиссионных систем. В данном разделе рассмотрим принцип работы и конструктивные особенности механических карбюраторов.

Топливо из топливного бака к карбюратору подается топливным насосом. Система предусматривает ограничение максимального давления подачи. Сетчатый фильтр может быть установлен до или после насоса.

Типы карбюраторов:

Карбюраторы с падающим (нисходящим) потоком.

Наиболее распространены. Наличие поплавковой камеры и дозирующей системы - все это, вместе с использованием соответствующих схем впускных коллекторов, позволяет обеспечить оптимальные приготовление рабочей смеси и ее распределение по цилиндрам двигателя.

Карбюраторы с боковым потоком.

Применяются в тех случаях, когда необходимо снизить до минимума высоту двигателя.

Карбюраторы с постоянным разрежением имеют диффузор, поперечное сечение которого может изменяться во время работы золотником для поддержания примерно постоянного разрежения в зоне распыления топлива. К золотнику крепится игла для коррекции количества поступающего топлива.

Карбюраторы с постоянными диффузорами.

Наиболее простым типом карбюратора является однокамерный карбюратор (Рис 1.3.3).

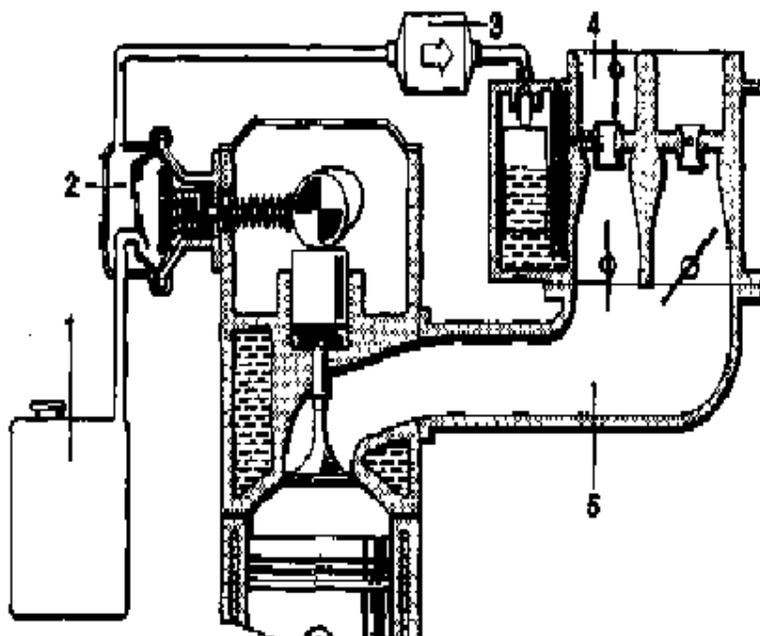


Рисунок 1.3.3. Схема карбюраторной системы.

- 1 – Топливный бак.
- 2 - Топливный насос.
- 3 - Топливный фильтр.
- 4 - Карбюратор.
- 5 – Впускной коллектор.

Особенностью двухкамерного карбюратора является наличие двух смесительных камер с их последовательным открытием; первая камера регулирует работу при неполном открытии дроссельной заслонки на частичных нагрузках, а вторая служит для получения максимальной мощности (см. Рис.1.3.4).

Двухкамерные карбюраторы имеют камеры, которые работают параллельно и связаны с одной поплавковой камерой. Также двухкамерные карбюраторы могут иметь камеры с 4 диффузорами, питаемые одной поплавковой камерой.

Конструкция и принцип действия механического карбюратора.

Водитель, нажимая на педаль газа, изменяет положение дроссельной заслонки карбюратора, регулируя расход смеси, поступающей в двигатель, а, следовательно, и его мощность. Количество топлива, подаваемого в двигатель карбюратором, изменяется в соответствии с изменением расхода воздуха, проходящего через карбюратор. Игольчатый клапан поплавковой камеры регулирует поступление топлива в карбюратор и одновременно поддерживает постоянный его уровень. Диффузор с уменьшающимся сечением приводит к увеличению скорости воздушного потока, что создает разрежение в его наиболее узкой части, обеспечивающее всасывание топлива из поплавковой камеры. Жиклеры и дозирующая система служат для дозирования подачи топлива в поток воздуха.

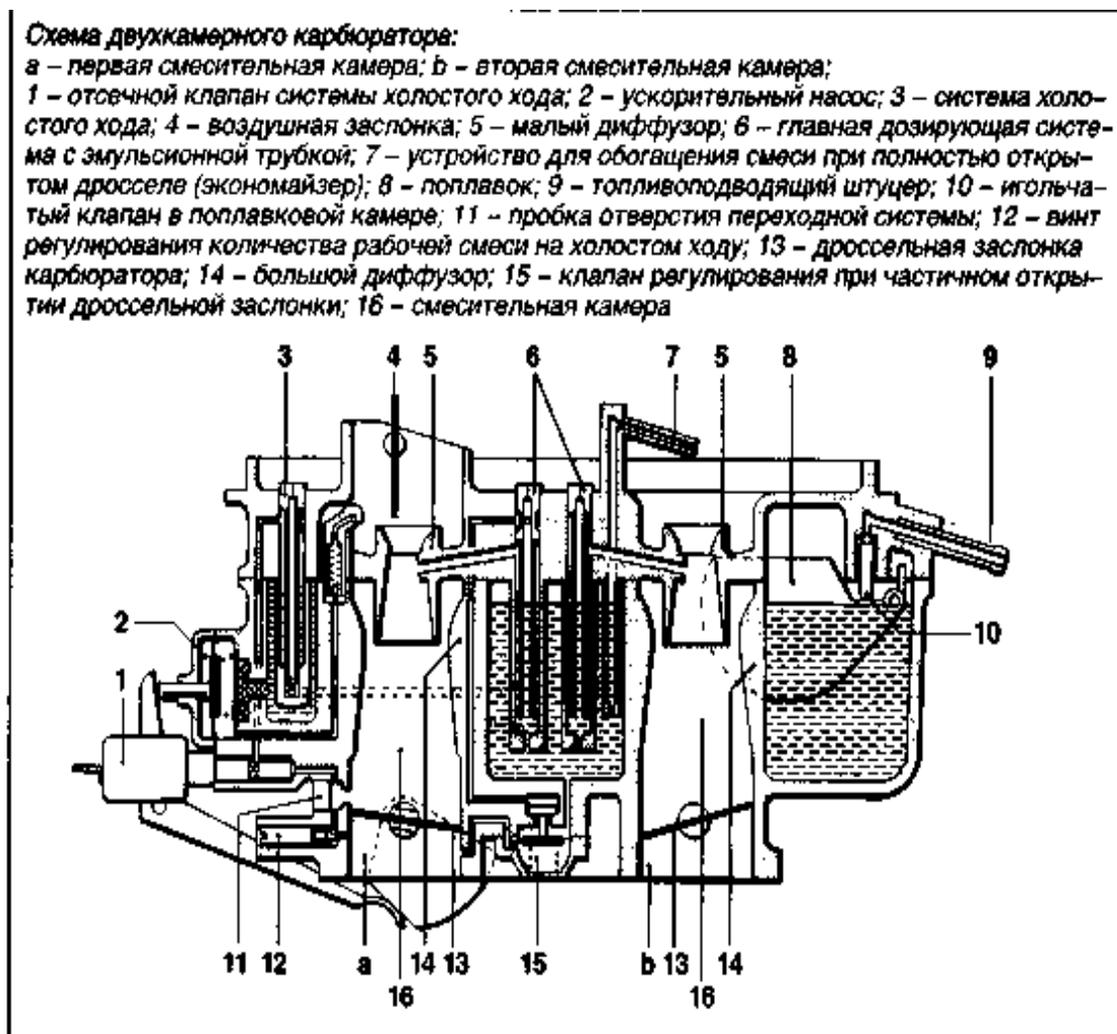


Рисунок 1.3.4.

Рассмотрим порядок работы основных систем карбюратора (см. Рис. 1.3.5)

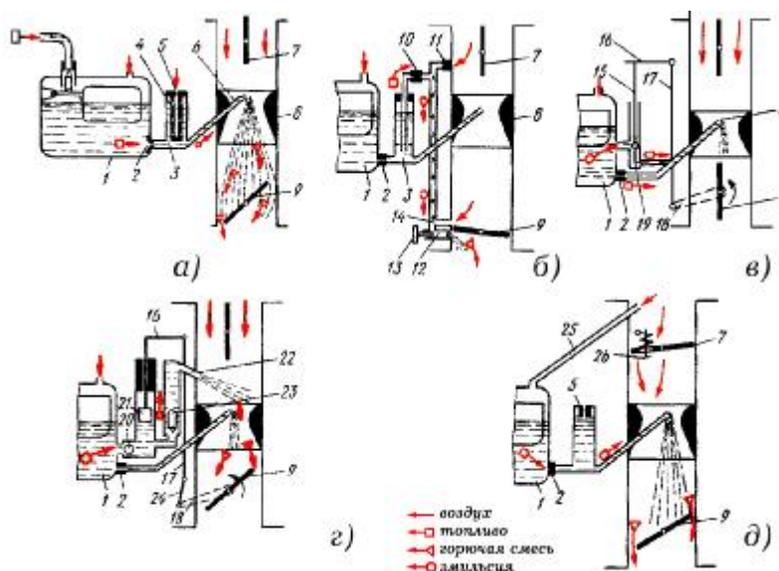


Рис. 1.3.5 Схемы систем и устройств карбюратора:

a — главной дозирующей системы, *б* — системы холостого хода, *в* — экономайзера, *г* — ускорительного насоса, *д* — пускового устройства; 1 — поплавковая камера, 2 — главный жиклер, 3 — эмульсионный колодец, 4 — эмульсионная трубка, 5 — воздушный жиклер главной дозирующей системы, 6 — распылитель, 7 — воздушная заслонка, 8 — диффузор, 9 — дроссельная заслонка, 10 — топливный жиклер системы холостого хода, 11 — воздушный жиклер системы холостого хода, 12, 14 — отверстия, 13 — винт регулировки качества смеси, 15 — шток экономайзера, 16 — планка, 17 — тяга, 18 — рычаг, 19 — клапан экономайзера, 20 — обратный клапан, 21 — поршень ускорительного насоса, 22 — распылитель ускорительного насоса, 23 — нагнетательный клапан ускорительного насоса, 24 — серьга, 25 — балансирующий канал, 26 — предохранительный клапан воздушной заслонки.

Можно выделить следующие подсистемы карбюратора:

- главная дозирующая система;
- система холостого хода;
- экономайзер;
- ускорительный насос;
- пусковое устройство;

Главное дозирующее устройство обеспечивает постепенное обеднение (компенсацию) смеси при переходе от малых нагрузок двигателя к средним. В карбюраторах отечественных автомобилей применяют способ компенсации смеси, называемый *пневматическим торможением топлива*.

В карбюраторе с пневматическим торможением топлива по мере открытия дроссельной заслонки 9 (рис. 1.3.5, *a*) увеличивается разрежение в диффузоре 8. Количество топлива, поступающего через главный жиклер 2 и его распылитель б, также будет увеличиваться. Однако обогащению смеси препятствует поступление воздуха через воздушный жиклер 5 в распылитель б.

Поступление воздуха в каналы главного дозирующего устройства уменьшает разрежение, действующее на главный жиклер 2. Вследствие этого истечение топлива из главного жиклера происходит под действием того разрежения, которое возникает в колодце 3, а не в узком сечении диффузора.

Таким образом, из распылителя *б* в воздушный поток истекает не бензин, а его смесь с небольшим количеством воздуха, называемая *эмульсией*.

Подбором калиброванных отверстий главного *2* и воздушного *5* жиклеров обеспечивается экономичный (обедненный) состав горючей смеси.

Система холостого хода предназначена для приготовления горючей смеси при малой частоте вращения коленчатого вала двигателя. На этих режимах дроссельная заслонка сильно прикрыта и разрежение в диффузоре настолько мало, что из главного дозирующего устройства топливо не поступает. На режимах холостого хода после такта выпуска в цилиндрах остается большое (относительно количества горючей смеси) количество остаточных газов. Смесь воздуха, бензина и остаточных газов называют *рабочей смесью*. На холостом ходу рабочая смесь горит медленно, поэтому для устойчивой работы двигателя ее необходимо обогащать топливом.

Система холостого хода (рис. 3.5, *б*) имеет топливный *10* и воздушный *11* жиклеры. Под дроссельной заслонкой *9* создается большое разрежение. Под действием этого разрежения топливо проходит через жиклер *10*, смешивается с воздухом, поступающим через жиклер *11*, и в виде эмульсии вытекает через отверстие *12*. Эмульсия распыляется воздухом, проходящим через щель между дроссельной заслонкой и стенкой смесительной камеры.

Система холостого хода карбюратора обычно имеет два выходных отверстия, одно из которых располагается несколько выше кромки закрытой дроссельной заслонки, а другое находится ниже ее. При малой частоте вращения через нижнее отверстие *12* подается эмульсия, а через верхнее *14* подсасывается воздух. При открытии дроссельной заслонки эмульсия поступает через оба отверстия. Этим обеспечивается плавный переход от режима холостого хода к малым нагрузкам.

Проходное сечение нижнего отверстия может изменяться вращением регулировочного винта *13*. Вторая регулировка карбюратора на холостом ходу производится упорным винтом (на схеме не показан), который изменяет положение дроссельной заслонки *9* при отпущенной педали управления.

Экономайзер служит для обогащения горючей смеси при полных нагрузках (при полном открытии дроссельной заслонки). Когда дроссельная заслонка открыта более чем на 75—85%, рычаг *18* (рис. 1.3.5, *в*), -соединенный с тягой *77*, отпускает шток *15* и открывает клапан *19*. Топливо к распылителю *б* будет поступать теперь не только через главный жиклер *2*, но и через клапан экономайзера.

Совместно с главным дозирующим устройством экономайзер обеспечивает обогащенную горючую смесь, необходимую для получения наибольшей мощности двигателя.

Ускорительный насос служит для обогащения смеси при резком открытии дроссельной заслонки. При этом рычаг *18* (рис. 1.3.5, *г*), соединенный серьгой *24* с тягой *77*, воздействует на планку *16* и перемещает поршень *21* вниз. Давление топлива в колодце насоса увеличивается и закрывает обратный клапан *20*, препятствуя перетеканию топлива в поплавковую камеру. Через открывшийся нагнетательный клапан *23* и жиклер-распылитель *22* в смесительную камеру дополнительно впрыскивается бензин, и горючая смесь кратковременно обогащается.

Пусковое устройство, выполненное в виде воздушной заслонки *7*, служит для обогащения смеси при пуске и прогреве холодного двигателя. Для получения богатой горючей смеси воздушную заслонку закрывают, чем увеличивают разрежение в смесительной камере.

Для предупреждения чрезмерного обогащения смеси на воздушной заслонке предусмотрен клапан *26*, который открывается под давлением воздуха при значительном увеличении разрежения в смесительной камере после запуска двигателя.

Водитель открывает или закрывает воздушную заслонку с помощью троса и рычага, укрепленного на оси заслонки. Одновременно с закрытием воздушной заслонки несколько открывается дроссельная заслонка *9*.

Обычно ось воздушной заслонки устанавливается во входном патрубке эксцентрично, чтобы под действием разности давлений потока воздуха на обе её стороны возникал вращающий момент, стремящийся её открыть

Краткий анализ конструкции и принципа работы карбюратора показывает, что современные карбюраторы представляют собой сложные технические устройства, а, как известно, сложность конструкции увеличивает возможность ее отказа и усложняет поиск этих отказов.

С другой стороны увеличение сложности карбюраторов не решает проблемы эффективного смесеобразования из-за большой инерционности и грубости исполнительных механических устройств и элементов в сравнении с быстродействием протекающих процессов, а значит, не позволяет управлять процессами в двигателе по оптимальным характеристикам.

Проще говоря, любая карбюраторная система смесеобразования имеет свой предел максимума адаптации к режимам работы двигателя. Для того чтобы расширить пределы адаптации систем смесеобразования в конструкциях карбюраторов стали вводить электронные элементы. Позволяющие более точно отслеживать значения параметров работы двигателя на статических и динамических режимах.

2. Механические топливно-эмиссионные системы.

Принцип работы и конструктивные особенности механических топливно-эмиссионных систем рассмотрим на примере системы распределенного (многоточечного) впрыска топлива K-Jetronic (Рис. 1.3.6).

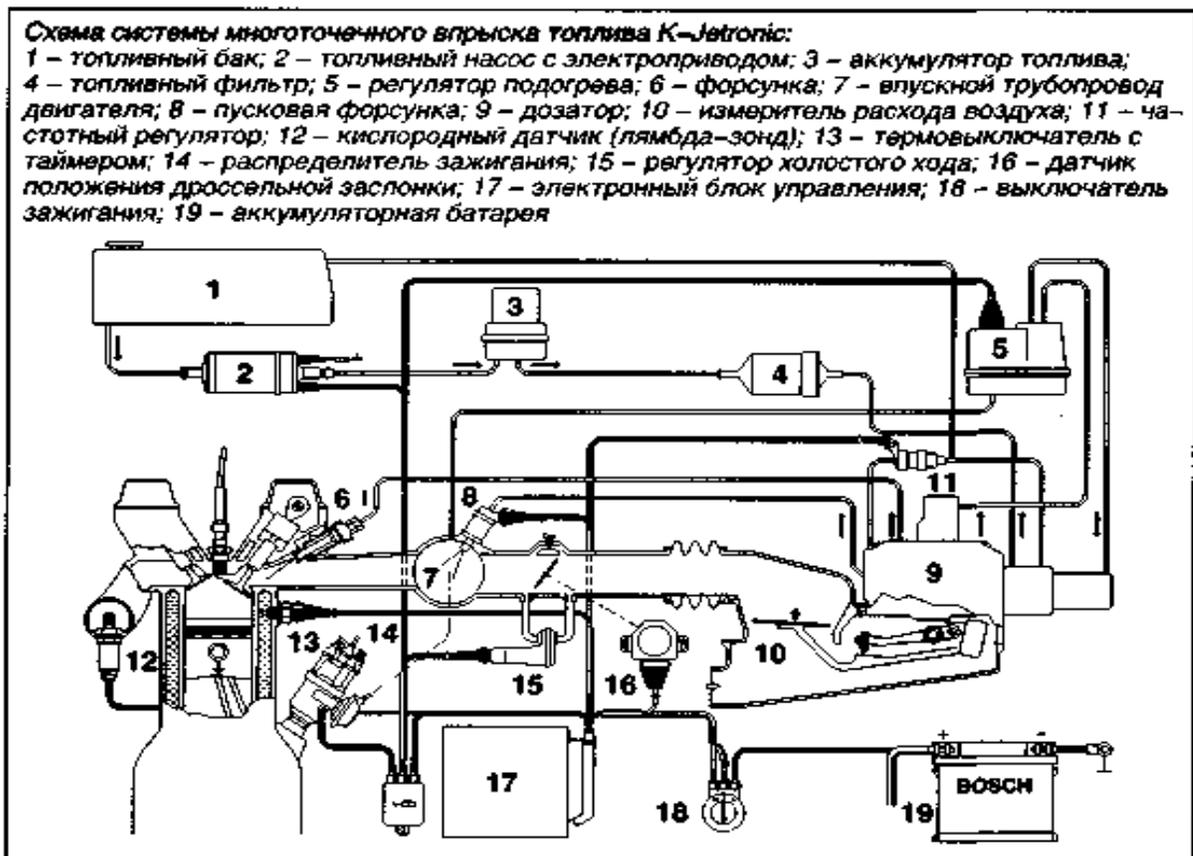


Рисунок 1.3.6. Механическая топливно-эмиссионная система с распределённым впрыском.

Принципы работы:

- непрерывный впрыск топлива;
- непосредственное измерение расхода воздуха.

Система K-Jetronic является механической системой, которая не требует применения топливного насоса с приводом от двигателя. Она осуществляет непрерывное дозирование топлива пропорционально количеству воздуха, всасываемого при такте впуска.

Так как система производит прямое измерение расхода воздуха, она может учитывать изменения в работе двигателя, что позволяет использовать ее вместе с оборудованием для снижения токсичности отработавших газов.

Работа системы.

Воздух проходит через воздушный фильтр, датчик расхода воздуха и дроссельную заслонку перед тем, как он попадет во впускной коллектор и далее к цилиндрам двигателя.

Подача топлива из бака осуществляется топливным насосом (роторного типа) с электроприводом. Затем топливо проходит через накопитель топлива и фильтр к распределителю, где регулятор давления поддерживает постоянное давление в системе. Из распределителя топливо направляется к форсункам. Излишнее топливо возвращается обратно в бак.

Блок регулирования смеси

Состоит из датчика расхода топлива и распределителя топлива.

Измеритель расхода воздуха

Состоит из диффузора и поворотной пластины.

Противовес уравнивает массы пластины измерителя и поворотного рычага. Пластина перемещается проходящим потоком воздуха, в то время как управляющий плунжер в распределителе топлива оказывает гидравлическое противодействие для поддержания системы в уравновешенном состоянии. Положение пластины измерителя является показателем расхода всасываемого воздуха и это положение через рычаг оказывает влияние на управляющий плунжер распределителя топлива.

Распределитель топлива (Рис. 1.3.7).

Количество подаваемого топлива регулируется изменением площадей дозирующих отверстий в топливораспределителе. Количество отверстий прямоугольной (щелевой) формы соответствует числу цилиндров двигателя.

Размеры дозирующего отверстия зависят от положения управляющего плунжера. Для получения постоянного значения падения давления у этих отверстий при различных расходах воздуха используется регулятор перепада давления, устанавливаемый за каждым дозирующим отверстием.

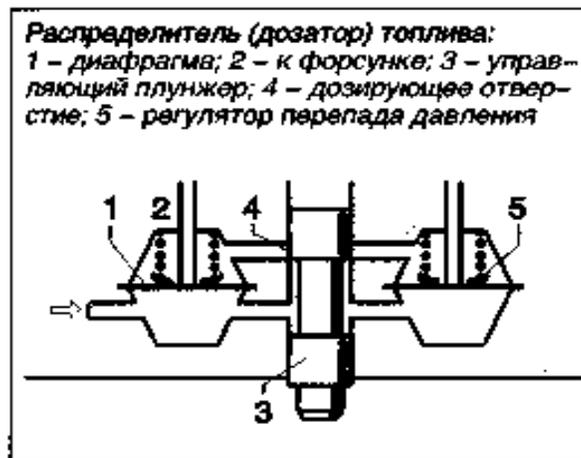


Рисунок 1.3.7

Форсунка (Рис. 1.3.8)

Форсунка открывается автоматически при давлении около 3,8 бар. Она обеспечивает эффективное смесеобразование путем открытия и закрытия своего распылительного отверстия с частотой порядка 1500 Гц.

Форсунка закрепляется литым резиновым кольцом и запрессовывается; для удержания форсунки при навинчивании на нее топливоподающей магистрали используется шестигранник.

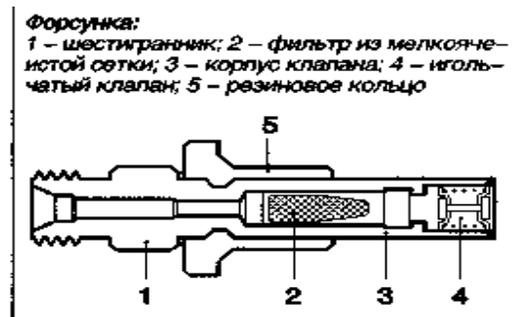


Рисунок 1.3.8.

Регулятор подогрева.

Регулятор подогрева, управляемый электрически нагреваемым биметаллическим элементом, обеспечивает обогащение рабочей смеси в режиме прогрева двигателя, снижает противодействие, воздействующее на управляющий плунжер. Уменьшение величины управляющего давления означает, что ход пластины измерителя расхода воздуха для данных условий возрастает. Этим обеспечивается обогащение смеси во время работы двигателя в режиме прогрева.

При необходимости регулятор прогрева может также выполнять:

- обогащение смеси при полностью открытой дроссельной заслонке;
- обогащение смеси при ускорении.

Вспомогательный воздушный клапан.

Вспомогательный воздушный клапан, управляемый биметаллической пружиной или расширительным элементом, подает в двигатель дополнительные порции воздуха (что контролируется датчиком расхода воздуха - клапан отводит воздух от дроссельной заслонки) во время прогрева двигателя.

Дополнительный воздух компенсирует более высокие потери мощности в холодном двигателе на трение, он поддерживает нормальную частоту вращения коленчатого вала на холостом ходу, или увеличивает ее для быстрого прогрева двигателя.

Электрический пусковой клапан, термовыключатель с реле времени.

Термовыключатель с реле времени заставляет работать электрический пусковой клапан в зависимости от температуры двигателя. Во время холодного пуска клапан подает дополнительные порции топлива непосредственно во впускной коллектор (обогащение смеси при холодном пуске).

3. Электронно-механические топливно-эмиссионные системы.

Принцип работы и конструктивные особенности электронно-механических топливно-эмиссионных систем рассмотрим на примерах карбюратора с электронным управлением ECOTRONIC и системы распределенного (многоточечного) впрыска топлива KE-Jetronic.

Система электронного управления работой карбюратора ECOTRONIC (Рис. 1.3.9).

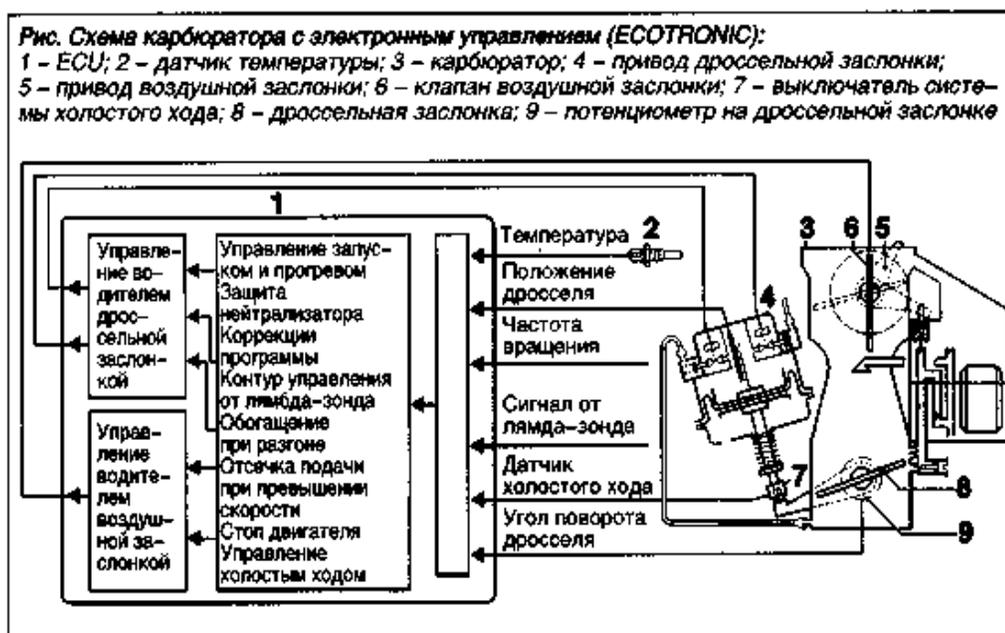


Рисунок 1.3.9

Основной карбюратор.

Состоит из дроссельной и воздушной заслонок, поплавковой камеры, системы холостого хода, переходной системы и системы управления подачей воздуха на холостом ходу.

Дополнительные элементы.

Привод дроссельной заслонки представляет собой электропневматическое сервоустройство. Его шток перемещает дроссельную заслонку посредством рычага, закрепленного на ее оси.

Привод воздушной заслонки представляет собой конечный управляющий элемент, регулирующий качество смеси в соответствии с изменениями условий работы двигателя. Он обеспечивает закрытие воздушной заслонки и обогащение рабочей смеси путем увеличения разности давлений (разрежения) у основных жиклеров с одновременным увеличением расхода топлива в системе холостого хода карбюратора.

Датчики

Датчик перемещения дросселя контролирует положение и перемещение этой заслонки.

Один **температурный датчик** контролирует температуру в системе охлаждения, второй - температуру внутри впускного коллектора.

Датчик закрытого положения дроссельной заслонки включает систему холостого хода карбюратора; он может быть заменен на соответствующую программную функцию в электронном блоке управления (ECU).

Электронный блок управления ECU.

Входной контур ECU преобразует поступающие аналоговые сигналы в цифровую форму. Выходные сигналы управляют сервоустройствами, воздействующими на дроссельную и воздушную заслонки.

Основные функции.

Основной карбюратор определяет базовые функции систем холостого хода, переходной и полной нагрузки. Основные калибровки предусматривают обеднение смеси, в то время как регулирование положения воздушной заслонкой может корректировать состав смеси в сторону ее обогащения.

Электронные функции.

Электронные цепи управления регулируют ряд вспомогательных операций внутри ECU:

- управление зажиганием,
- переключение передач в трансмиссии,
- отображение информации о расходе топлива и диагностике автомобиля.

Система распределенного (многоточечного) впрыска топлива KE-Jetronic (Рис. 1.3.10)

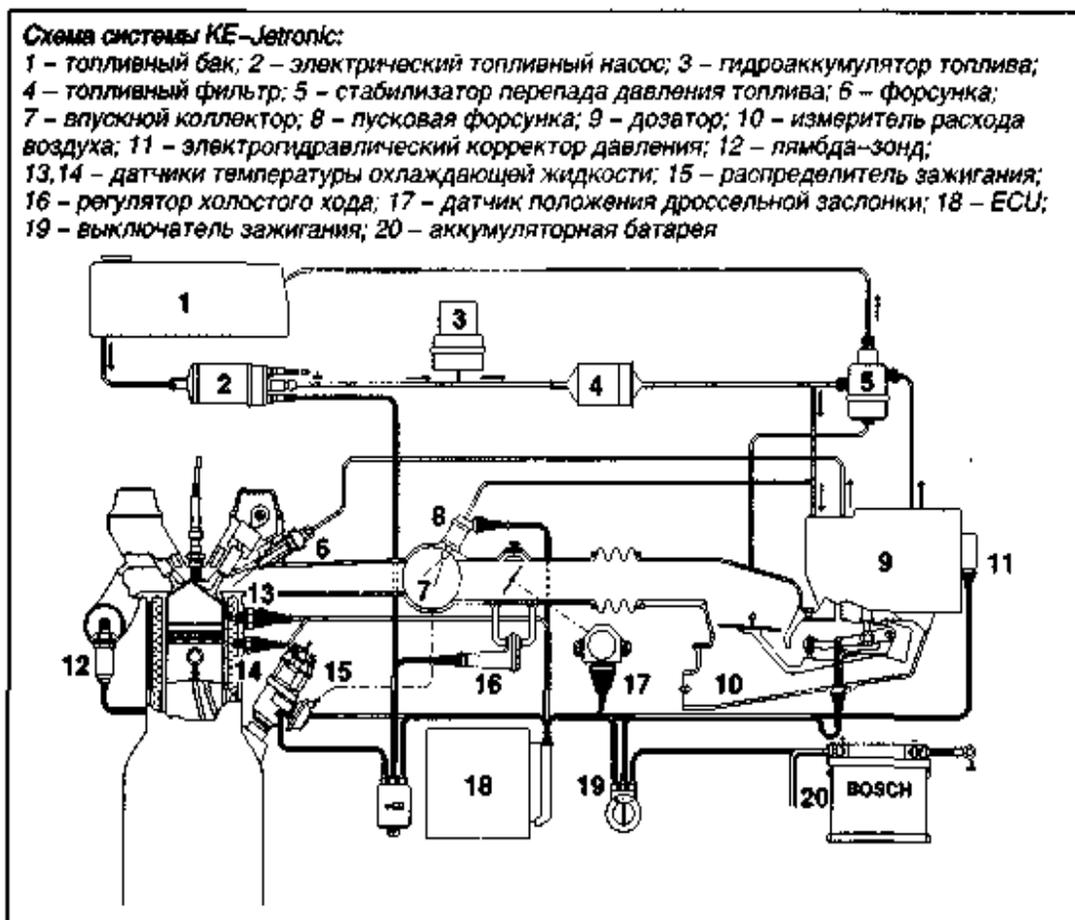


Рисунок 1.3.10

Система KE-Jetronic является усовершенствованным вариантом системы K-Jetronic. Она содержит электронный блок управления (ECU) для повышения гибкости работы и обеспечения дополнительных функций.

Дополнительными компонентами системы являются:

- датчик расхода всасываемого в цилиндры воздуха;
- исполнительный механизм регулирования качества рабочей смеси;
- регулятор давления, поддерживающий постоянство давления в системе, а также обеспечивающий прекращение подачи топлива при выключении двигателя.

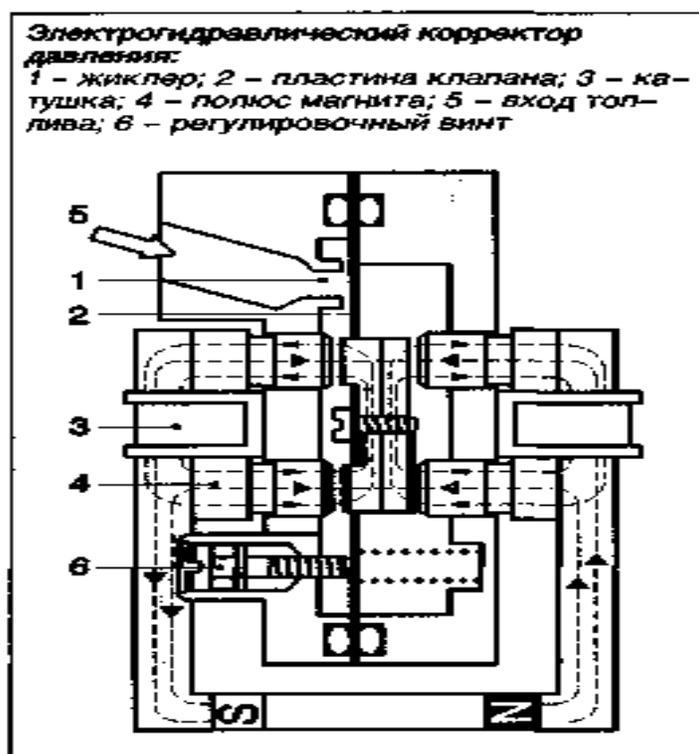
Работа системы:

Топливо проходит через распределитель топлива, а диафрагменный регулятор поддерживает давление в системе на постоянном уровне. В системе K-Jetronic управляющая цепь корректирует качество смеси посредством регулятора подогрева. В системе KE-Jetronic, наоборот, первоначальное давление и давление, воздействующее на управляющий плунжер, равны по величине. Отношение воздуха к топливу корректируется за счет разности давлений одновременно во всех камерах распределителя топлива.

Давление в системе перед дозирующими отверстиями оказывает противодействие на управляющий плунжер. Как и в системе K-Jetronic, управляющий плунжер перемещается заслонкой измерителя расхода воздуха. Из полости управляющего плунжера топливо проходит через исполнительный механизм, нижние камеры клапана разности давления, ограничитель потока и регулятор давления, а затем избыточное топливо возвращается в топливный бак. Вместе с ограничителем потока исполнительный механизм образует делитель давления.

Падение давления, соответствующее току в исполнительном механизме, приводит к изменениям в перепаде давления у дозирующих отверстий, а, следовательно, и к изменению количества впрыскиваемого топлива.

При перемене полярности подводимого тока обеспечивается прекращение подачи топлива, что может использоваться для прекращения подачи топлива при превышении установленных значений частоты вращения коленчатого вала.



Электрогидравлический корректор давления (Рис. 1.3.11).

Этот корректор закрепляется на распределителе топлива и обеспечивает дозирование количества топлива изменением перепада у кромки плунжерного дозатора. Обогащение рабочей смеси осуществляется пропорционально увеличению подводимого тока.

Электронный блок управления (ЕСU).

В ЕСU происходит обработка сигналов, поступающих из системы управления зажиганием (частота вращения коленчатого вала), от датчика температуры охлаждающей жидкости, потенциометра на оси дроссельной заслонки (расход воздуха), датчика ее положения (определяющего режим холостого хода, принудительный холостой ход, режим полного дросселя), выключателя стартера, лямбда-зонда, датчика давления и других датчиков.

Наиболее важными в ЕСU являются контрольные функции:

- обогащения смеси при запуске двигателя и после запуска;
- обогащения смеси при прогреве;
- обогащения смеси при разгоне автомобиля;
- обогащения смеси при полной нагрузке;
- прекращения подачи топлива при превышении установленной частоты вращения;
- ограничения частоты вращения;
- управления частотой вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу;
- регулирования состава смеси в зависимости от атмосферного давления;
- управления от лямбда-зонда.

Управляющий контур с обратной связью от лямбда-зонда.

Сигнал, вырабатываемый в лямбда-зонде, обрабатывается в ЕСU, необходимые регулировки состава топливной смеси выполняются с помощью регулятора давления.

Электронные (комплексные) топливно-эмиссионные системы.

Принцип работы и конструктивные особенности электронно-механических топливно-эмиссионных систем рассмотрим на примерах системы распределенного (многоточечного) дискретного впрыска топлива L-Jetronic и системы центрального однократного дискретного впрыска топлива Mono-Jetronic.

Система распределенного (многоточечного) впрыска топлива L-Jetronic .(рис 1.3.12)

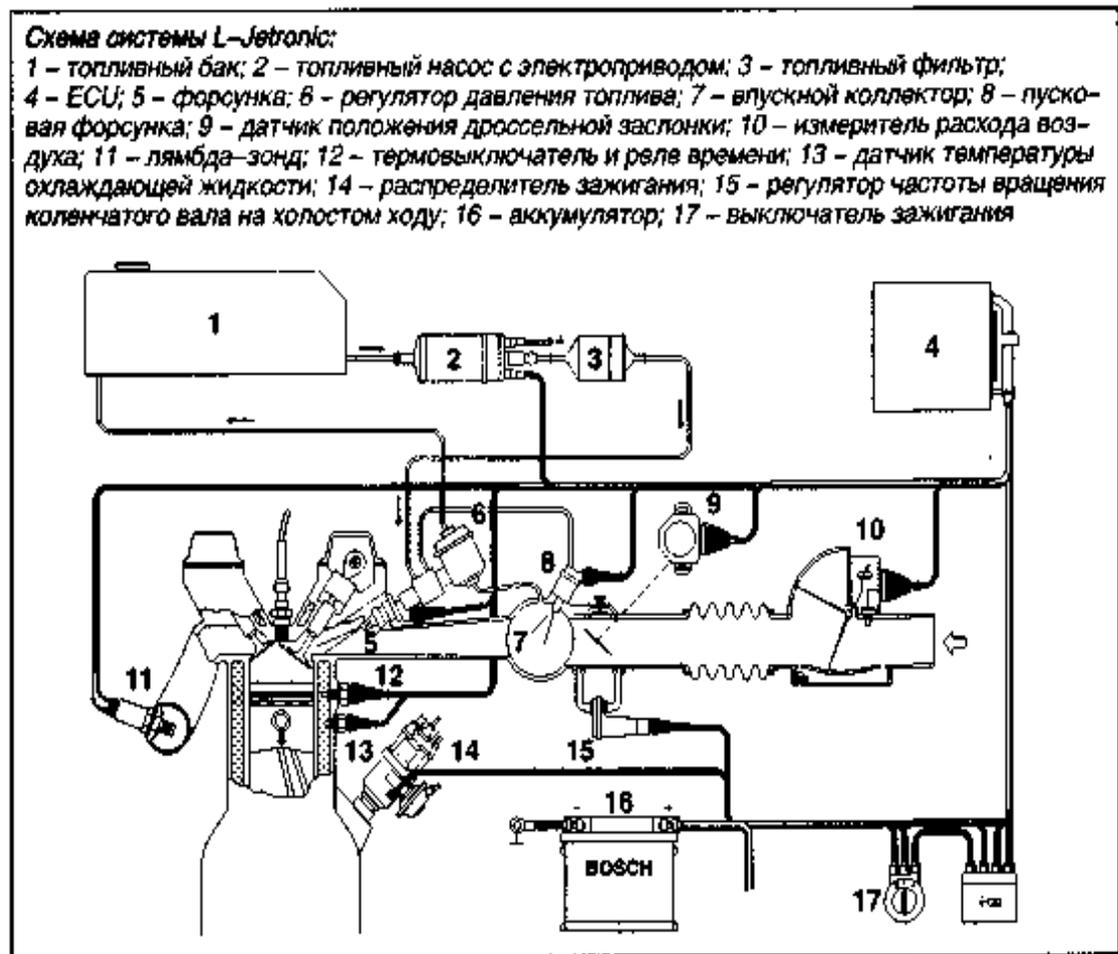


Рисунок 1.3.12

Работа системы

Топливо впрыскивается через форсунки с электромагнитным управлением. Форсунка, установленная перед каждым цилиндром, включается в работу один раз за один оборот коленчатого вала. Для упрощения управления форсунками все они подключаются к электроцепи параллельно. Разность между давлением топлива и давлением во впускном коллекторе двигателя поддерживается на постоянном уровне порядка 2,5...3,0 бар, благодаря чему количество подаваемого топлива определяется исключительно продолжительностью импульса, устанавливаемого ECU. Продолжительность импульса варьируется в соответствии с расходом всасываемого воздуха, частотой вращения коленчатого вала двигателя и другими параметрами, контролируемые датчиками.

Подача топлива.

Топливный насос с электроприводом служит для подачи в систему топлива и создания давления впрыска. Топливо всасывается из бака, прокачивается через фильтр и попадает в нагнетательную магистраль, на другом конце которой установлен регулятор давления, который поддерживает постоянное давление у дозирующего отверстия.

Стандартная система.

Магистраль высокого давления соединяет все форсунки двигателя. В конце ее установлен регулятор давления; из него неиспользованное топливо направляется снова в бак через возвратную магистраль. Так как это возвратное топливо нагревается на своем пути, температура в топливном баке возрастает.

В топливном баке образуются пары топлива и интенсивность этого процесса зависит от температуры топлива. Для выполнения требований охраны окружающей среды пары топлива направляются через систему вентиляции топливного бака в адсорбер с активированным углем. После пуска двигателя пары возвращаются во впускной коллектор и затем сжигаются в двигателе.

Системы без возврата топлива в бак. (рис 1.3.13)

Эти системы уменьшают нагрев топлива в баке, что облегчает выполнение принятых норм по максимально-допустимым выбросам топливных паров. Регулятор давления топлива располагается в топливном баке или непосредственно примыкает к нему, а возвратная магистраль, связанная с баком, отсутствует. Количество топлива, нагнетаемого насосом в топливопровод с закрепленными на нем форсунками, полностью используется в этих форсунках. Избыток топлива, подаваемого насосом, возвращается непосредственно в бак без прохода по кругу «двигатель и обратно». Предполагая сохранение равных условий работы и в зависимости от особых условий использования автомобиля, эта система может снизить температуру в топливном баке до 10°C при снижении испарения топлива приблизительно на 1/3.

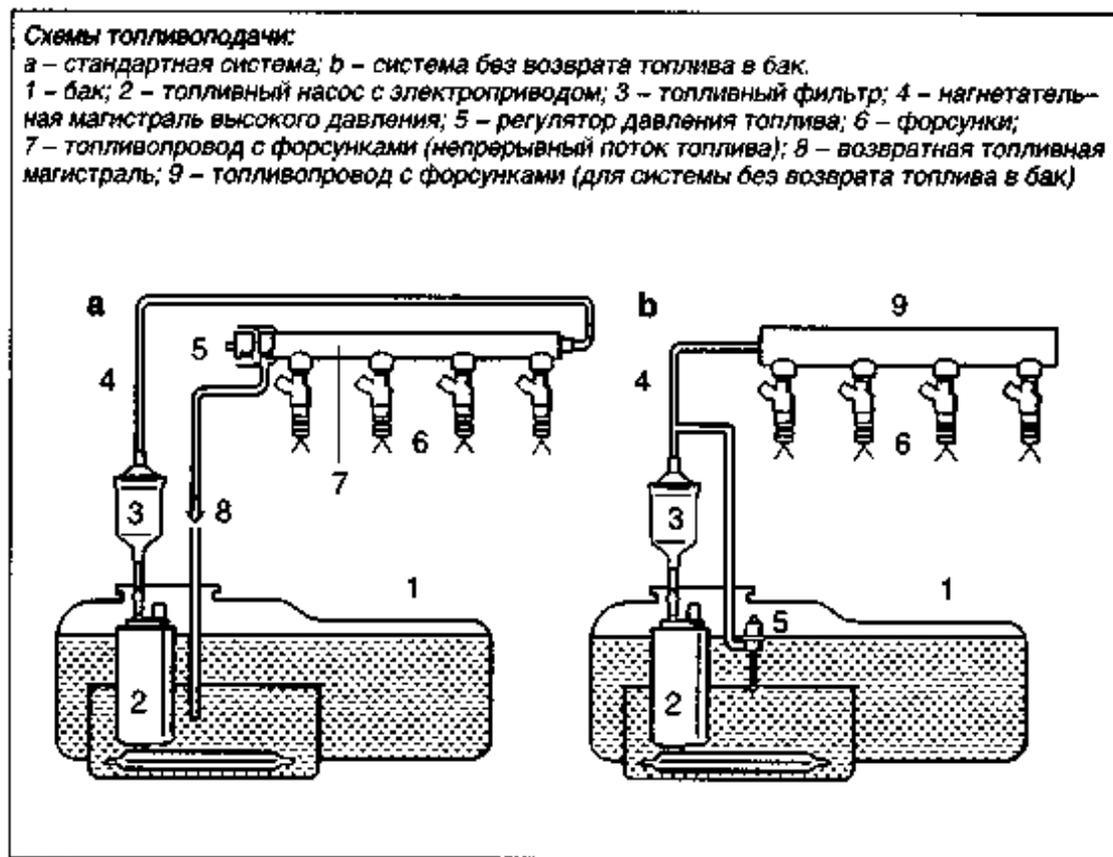


Рисунок 1.3.13

Датчик расхода воздуха.

Воздух на входе воздействует на заслонку датчика, преодолевая усилие пружины. Потенциометр преобразует величину угла поворота заслонки в напряжение, что задает посредством реле времени в ECU продолжительность импульса. Датчик температуры, входящий в расходомер воздуха, отражает изме-

нения плотности воздуха, которая зависит от температуры.

Форсунки

Дозируют и распыляют топливо. При подаче напряжения на обмотку электромагнита игла распылителя приподнимается от седла.

Датчик положения дросселя.

Этот датчик передает управляющий сигнал в ECU, когда дроссельная заслонка либо полностью закрыта (режим холостого хода), либо полностью открыта (максимальная нагрузка).

Датчик температуры двигателя.

Датчик температуры выполнен в виде термочувствительного резистора (термистора) и корректирует (обогащает) состав смеси при прогреве двигателя.

Клапан подачи дополнительных порций воздуха, электрическая пусковая форсунка, термовыключатель и реле времени.

Конструкции и функции этих устройств аналогичны тем, которые используются в системе K-Jetronic.

Электронный блок управления (ECU).

Блок преобразует переменные параметры работы двигателя в электрические импульсы. Интервалы этих импульсов коррелируются с установкой момента зажигания, в то время как их продолжительность является, в основном, функцией частоты вращения коленчатого вала двигателя и расхода всасываемого воздуха. Датчики температуры реагируют на понижение температур двигателя и воздуха путем увеличения продолжительности впрыска. Сигналы от датчика положения дроссельной заслонки обеспечивают соответствие смеси режимам работы двигателя на холостом ходу и при полной нагрузке.

Система с обратной связью, управляемая лямбда-зондом.

ECU сравнивает сигнал от кислородного датчика (лямбда-зонда) с заданным значением перед включением двухрежимного контроллера. Затем производится регулировка контура со всеми корректировками путем изменения продолжительности впрыскивания.

Системы центрального одноточечного впрыска топлива

Системы одноточечного впрыска различаются между собой по конструкции блока центрального впрыска. В них форсунка располагается над дроссельной заслонкой. В отличие от систем распределенного (многоточечного) впрыска, они часто работают при низком давлении (0,7...1 бар). Это позволяет устанавливать недорогой топливный насос с электроприводом, размещаемый в топливном баке. Форсунка непрерывно охлаждается потоком топлива, предотвращая образование воздушных пузырьков. Такое охлаждение необходимо в топливных системах с низким давлением. Обозначение «Одноточечный впрыск» (SPI) соответствует терминам «Центральный впрыск топлива» (CFI), «Впрыск на дроссельную заслонку» (TBI).

Система Mono-Jetronic (рис.1. 3.14)

Это электронно-управляемая одноточечная система впрыска низкого давления для 4-цилиндровых двигателей, особенностью которой является наличие топливной форсунки центрального расположения, работой которой управляет электромагнитный клапан. Система использует дроссельную заслонку для дозирования воздуха на впуске, в то время как впрыск топлива осуществляется распыливанием над дроссельной заслонкой. Распределение топлива по цилиндрам осуществляется во впускном коллекторе. Различные датчики контролируют все основные рабочие характеристики двигателя; они используются для расчета управляющих сигналов для форсунок и других исполнительных устройств системы.

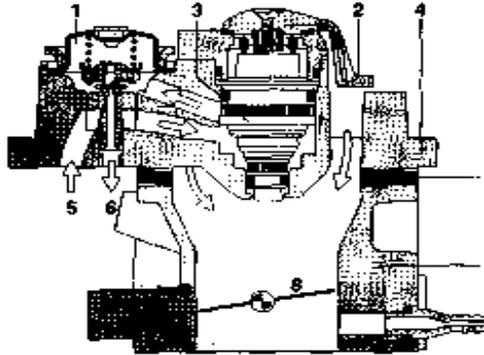
Блок центрального впрыска.

Форсунка располагается над дроссельной заслонкой. Струя топлива направляется непосредственно в серповидное отверстие между корпусом и дроссельной заслонкой, где за счет большой разности давления обеспечивается оптимальное смесеобразование, исключающее возможность осаждения топлива на стенках впускного тракта.

Форсунка работает при избыточном давлении 1 бар. Распыливание топлива позволяет получить однородное распределение смеси даже в условиях полных нагрузок. Впрыск топлива через форсунку

Центральный блок впрыска системы Mono-Jetronic:

- 1 – регулятор давления;
- 2 – датчик температуры;
- 3 – форсунка;
- 4 – верхняя часть (гидравлическая);
- 5 – подача топлива;
- 6 – возврат топлива;
- 7 – теплоизолирующая пластина;
- 8 – дроссельная заслонка;
- 9 – нижняя часть



Блок центрального впрыска (Opel):

- 1 – регулятор давления;
- 2 – форсунка;
- 3 – возврат топлива;
- 4 – шаговый электродвигатель для управления работой двигателя на холодном ходу;
- 5 – к впускному коллектору двигателя;
- 6 – дроссельная заслонка;
- 7 – вход топлива

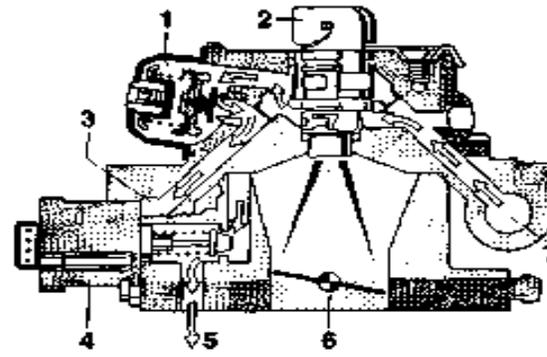


Схема системы Mono-Jetronic:

- 1 – топливный бак;
- 2 – топливный насос с электроприводом;
- 3 – топливный фильтр;
- 4 – стабилизатор перепада давления топлива;
- 5 – форсунка;
- 6 – датчик температуры воздуха;
- 7 – электронный блок управления;
- 8 – привод дроссельной заслонки;
- 9 – датчик положения дроссельной заслонки;
- 10 – клапан;
- 11 – резервуар с углем (адсорбер);
- 12 – кислородный датчик (лямбда-зонд);
- 13 – датчик температуры охлаждающей жидкости;
- 14 – распределитель зажигания;
- 15 – аккумулятор;
- 16 – выключатель зажигания;
- 17 – реле;
- 18 – разъем для подсоединения диагностической аппаратуры;
- 19 – блок центрального впрыска

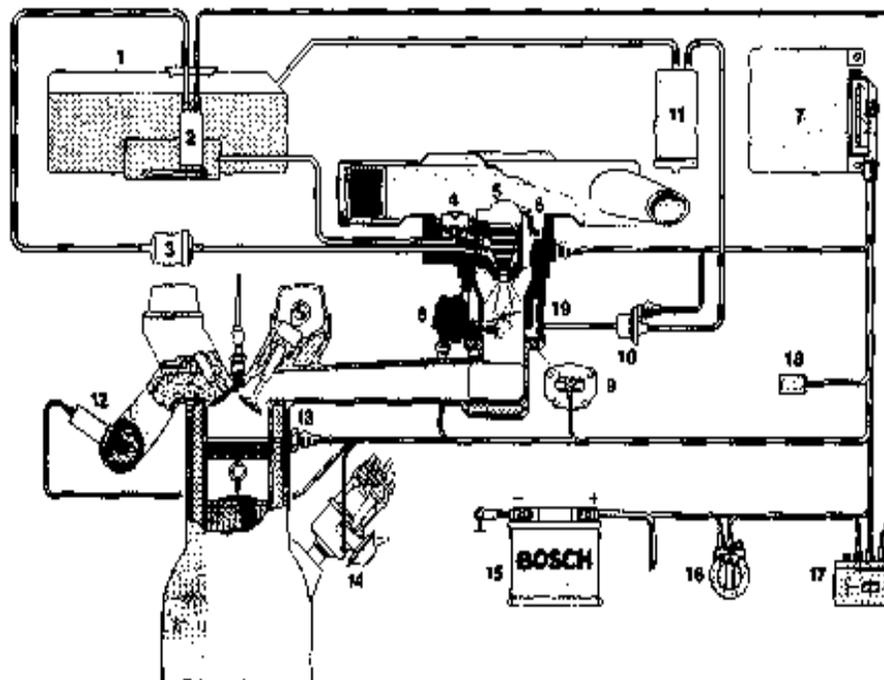


Рисунок 1.3.14

Управление работой системы.

Помимо частоты вращения коленчатого вала двигателя к основным переменным, от которых зависит работа системы, можно отнести следующие:

- отношение объема воздуха к его массе в потоке;
- абсолютное давление в коллекторе;
- положение дроссельной заслонки.

Соблюдение отношения «частота вращения коленчатого вала двигателя/ положение дроссельной заслонки» в системе Mono-Jetronic может обеспечить соответствие даже наиболее строгим требованиям к содержанию токсичных веществ в отработавших газах, когда эта система используется с обратной связью - с кислородным датчиком (лямбда-зондом) и трехкомпонентным каталитическим нейтрализатором. Сигнал от лямбда-зонда, поступающий в самоадаптивную систему, используется для компенсации изменений в условиях работы двигателя, а также для поддержания стабильности работы во время всего срока службы.

Функции адаптации.

Во время холодного пуска двигателя, а также непосредственно после пуска и в режиме прогрева время впрыскивания топлива увеличивается для обогащения топливно-воздушной смеси. При холодном двигателе привод дроссельной заслонки устанавливает ее в такое положение, при котором подается большее количество смеси в двигатель, таким образом поддерживая частоту вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу и содержание вредных веществ в отработавших газах на постоянном уровне. Потенциометр, закрепленный на оси дроссельной заслонки, фиксирует положение заслонки и на основе этих данных ECU увеличивает количество подаваемого топлива. Таким же способом система обеспечивает обогащение рабочей смеси при ускорении и на режиме полного дросселя. В режиме принудительного холостого хода обеспечивается отключение подачи топлива. Адаптивное регулирование частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу позволяет уменьшить и стабилизировать частоту вращения. ECU при помощи приводных устройств обеспечивает соответствие положения дроссельной заслонки изменениям частоты вращения коленчатого вала двигателя и температуры.

Таким образом мы рассмотрели все основные типы топливно-эмиссионных систем как самостоятельных, так и входящих в состав комплексных систем управления двигателем.

Тема № 2

Конструктивные особенности различных систем управления двигателями.

Лекция №1

Сигнальные тракты систем управления двигателями.

Учебные вопросы:

1. Общие характеристики сигнальных трактов.
2. Датчики сигнальных трактов СУД.

1. Общие характеристики сигнальных трактов.

Сигнальные тракты систем управления двигателями предназначены для сбора информации о процессах, происходящих при работе двигателя и передачи её электронному блоку управления. Первичными измерительными преобразователями каждого сигнального тракта являются датчики (сенсоры).

Основное предназначение датчика состоит в восприятии физической величины определенного вида X (входного сигнала) и преобразование ее в величину другого вида Y (выходной сигнал).

Как правило, выходные сигналы датчиков относятся к группе электрических физических величин – напряжение, ток, сопротивление и др.

Зависимость между выходным сигналом Y датчика и его входным сигналом X , реализуемая датчиком в установившемся режиме называется *статической характеристикой датчика*. Иначе ее называют выходной характеристикой. В случае, когда входным и выходным сигналам приписаны нормированные значения физических величин (выраженные в определенных, стандартных единицах величин с определенной точностью), такая характеристика называется *градуировочной*.

Очевидно, между входным X и выходными сигналами датчика должна существовать взаимнооднозначная зависимость, т.е. каждому значению входного сигнала X должно соответствовать единственное значение выходного сигнала Y и наоборот – каждому значению Y – единственное значение X .

Это обстоятельство накладывает следующее требование к градуировочной характеристике. Если ее представить в виде функции $Y = f(x)$, то эта функция должна быть монотонной, т.е. не иметь максимумов, минимумов и так называемых точек перегиба.

Следует помнить, что датчик только тогда является первичным измерительным преобразователем, когда ему приписана градуировочная характеристика, т.е. последняя является основной характеристикой датчика.

Градуировочные характеристики должны быть стабильными, т.е. в течение заданного интервала времени сохранять свои основные параметры. Для автомобильных СУД этот интервал, как правило, совпадает с ресурсом датчика.

Прочими характеристиками датчиков являются: точность, чувствительность, рабочий диапазон измерений, динамические характеристики, входной и выходной импедансы и др.

Точность характеризуется величиной погрешности датчика, которая, в свою очередь, задается допустимыми отклонениями статической (градуировочной) характеристики от номинальной.

Чувствительность датчика характеризуется минимальным отклонением входной величины X , которое приводит к изменению выходной величины.

Рабочий диапазон датчика характеризует интервал изменения входной величины, в котором выполняются свойства статической характеристики и погрешность датчика не превышает установленные пределы.

Динамические характеристики датчика, такие как постоянная времени, время запаздывания показаний, переходная функции и др., в основном используют для учета погрешностей датчика, связанных с его инерционностью как любой физической системы.

Применяемые в автомобильных СУД датчики подразделяются на генераторные (активные) и параметрические (пассивные).

В генераторных датчиках под воздействием входного сигнала формируется энергетический сигнал, например, сигнал напряжения, сигнал тока, световой импульс и т.п.

В пассивных, параметрических датчиках изменение входного сигнала влияет на соответствующее изменение некоего электрического параметра датчика, например, сопротивления, емкости и т.п., которые в дальнейшем используются для формирования энергетических сигналов с помощью электронных схем.

В зависимости от числа элементов (ступеней), участвующих в преобразовании входной физической величины в соответствующее значение выходной, датчики подразделяются на одноступенчатые и многоступенчатые. Первая ступень, непосредственно воспринимающая воздействие входной величины называется чувствительным элементом. В качестве примера можно привести двухступенчатый параметрический датчик давления, в котором чувствительным элементом является мембранная коробка, реагирующая на изменение внешнего давления P . Реакцией мембранной коробки является механическое перемещение S ползунка потенциометра, которое приводит к изменению его сопротивления R .

По видам входных сигналов классификация датчиков соответствует классификации физических величин: датчики температуры, перемещения, давления, ускорения, химического состава газов и т.п.

По видам выходных сигналов датчики подразделяются на датчики напряжения, тока, сопротивления, емкости, индуктивности, частоты и пр.

Важными параметрами датчиков являются входной и выходной импедансы, т.е. активное и реактивное сопротивление датчика, измеренные на входе и выходе датчика соответственно. В зависимости от импедансов датчики подразделяются на низкоомные и высокоомные.

В зависимости от выходных сигналов датчики подразделяются также на аналоговые (непрерывные) и цифровые (дискретные). В структуре последних присутствует ступень, выполняющая тем или иным образом аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Цифровые датчики более предпочтительны для современных СУД, имеющие в своем составе цифровой блок управления (компьютер).

В дальнейшем материале темы мы остановимся на наиболее часто встречающихся в СУД датчиках и рассмотрим их отличительные схемные решения и конструктивные особенности.

2. Датчики сигнальных трактов СУД.

При рассмотрении предыдущего материала отмечалось наличие датчиков в подсистемах зажигания и топливно-эмиссионной. Поскольку в комплексных СУД информация от датчиков обрабатывается в едином блоке управления то в этом разделе более подробно остановимся на конструктивных особенностях и характеристиках основных датчиков без привязки их к конкретной подсистеме.

Измерители расхода воздуха

Потенциометрический датчик расхода

В измерителе расхода воздуха, представленном на рис.2.1.1, воздушный поток воздействует на заслонку 2, закрепленную на оси в специальном канале. Воздействие воздушного потока на заслонку 2 уравнивается пружиной. Демпфер 7 с демпфирующей заслонкой 4, выполненной как одно целое с измерительной заслонкой 2, служит для гашения колебаний, вызванных пульсациями воздушного потока и динамическими воздействиями, характерными для движущегося автомобиля. Заслонка воздействует на потенциометр, сопротивление которого пропорционально углу поворота заслонки.

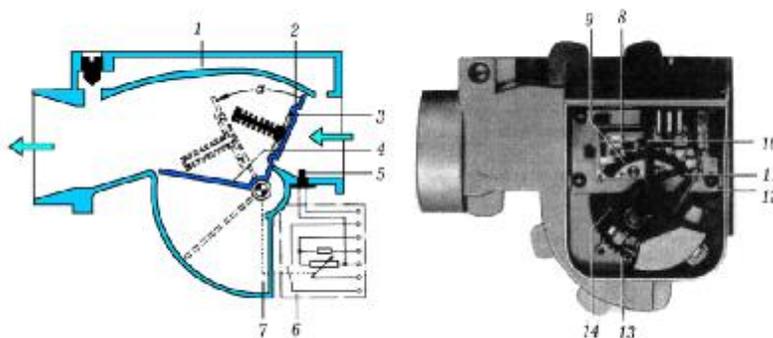


Рис. 2.1.1 . Датчик расхода воздуха (датчик типа заслонки):

1 - шунтирующий (обходной) канал; 2 - заслонка датчика расхода воздуха; 3 - запорный клапан; 4 - демпфирующая заслонка; 5 - датчик температуры; 6 - цепь потенциометра; 7 - камера демпфирования; 8 - керамическое основание с резисторами $r_0 \dots r_{10}$ и проводниками; 9 - металлическая шина; 10 - щеткодержатель; 11 - щетка; 12 - защитный выключатель топливного насоса. Позиция "выключено" при $\alpha = 0^\circ$; 13 - зубчатый венец пружины предварительного

Проволочный датчик определения массового расхода воздуха

Был разработан для измерения массового расхода воздуха независимо от высоты над уровнем моря. Кроме того, в этом датчике отсутствует погрешность, вызванная пульсацией воздушного потока

Датчик этого типа состоит из нагретого провода диаметром 70 мкм, установленного в измерительной трубке, расположенной перед дроссельной заслонкой.

Работа датчика массового расхода воздуха основана на принципе постоянства температуры. Нагретый платиновый провод, расположенный в воздушном потоке, является одним из плеч резисторного моста. При этом за счет изменения силы тока, протекающей через резисторный мост, поддерживается постоянная температура (около 100°C) платинового провода, обдуваемого воздушным потоком (см. рис. 2.1.2).

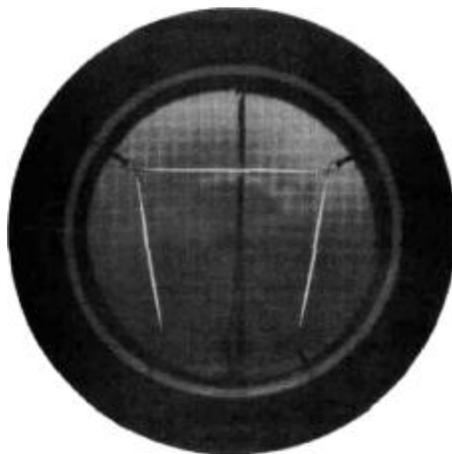


Рис. 2.1.2 Проволочный датчик массового расхода воздуха

При увеличении расхода воздуха платиновый провод остывает и его сопротивление падает. Резисторный мост становится несимметричным и возникает напряжение, подаваемое на усилитель и направленное на повышение температуры провода. Этот процесс продолжается до тех пор, пока температура и сопротивление провода не приведут к равновесию системы. Диапазон силы тока, протекающего через провод, составляет 500 мкА...1200мкА.

Этот ток также протекает через калиброванный резистор R3 (см. рис. 2.1.3 и 2.1.4), на котором возникает напряжение, поступающее в блок электронного управления для вычисления количества впрыскиваемого топлива.

Изменение температуры воздуха компенсируется резистором Rс. Этот резистор представляет собой платиновое кольцо, имеющее сопротивление примерно 500 Ом и расположенное в воздушном потоке. Изменение температуры воздуха одновременно изменяет сопротивление провода датчика и резистора R , поэтому равновесие резисторного моста не нарушается.

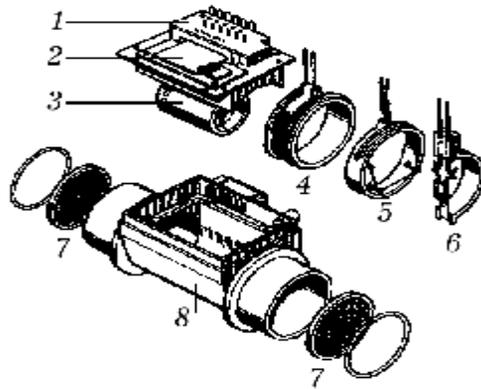


Рис. 2.1.3 Составные части проволочного датчика:

1 - печатная плата; 2 - электрическая схема. В дополнение к резисторному мосту содержит контрольную схему поддержания постоянной температуры и схему самоустановки; 3 - внутренняя трубка; 4 - калиброванный резистор; 5 - нагретый проволочный элемент; 6 - резистор температурной компенсации; 7 - защитная сетка; 8 - корпус.

При эксплуатации платиновый провод неизбежно загрязняется. Для предотвращения загрязнения после выключения двигателя провод в течение 1 с накаляется до температуры 1000°C. При этом вся налипшая на него грязь сгорает. Этот процесс контролируется электронным блоком управления.

Датчик массового расхода воздуха используется в системах Bosch LH Jetronic и Lucas.

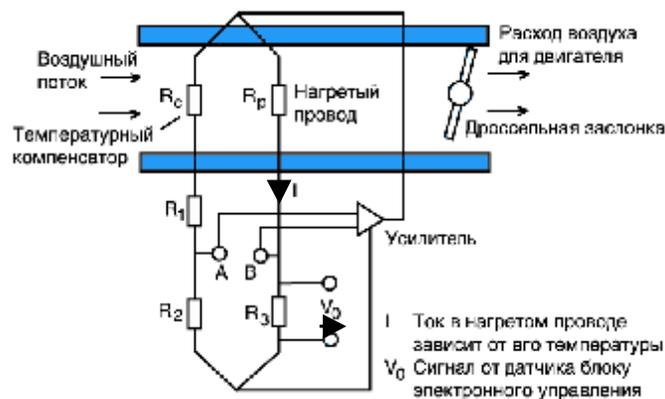


Рис. 2.1.4. Электрическая схема датчика для измерения массового расхода воздуха

Толстопленочный датчик давления

Еще одним из направлений модернизации датчиков расхода воздуха является разработка датчика измерения давления. Этот датчик состоит из толстопленочной диафрагмы, расположенной на керамической основе.

Датчик измеряет (см. рис. 2.1.5) разрежение во впускном коллекторе на основе измерения деформации пленочной диафрагмы. Измерительные элементы расположены внутри пленки.

На рис. 2.1.5 и 2.1.6 показано расположение электронных компонентов датчика. Пленочная диафрагма устанавливается во впускном коллекторе и представляет собой датчик измерения разрежения с малой инерционностью.

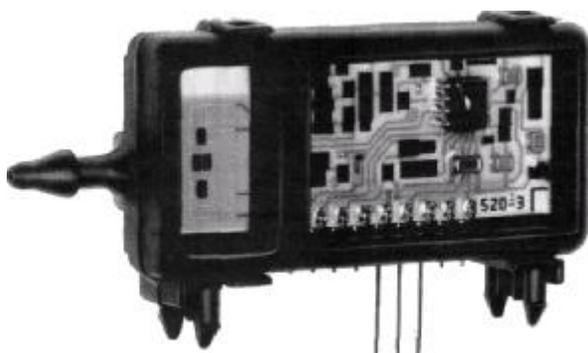


Рис. 2.1.5. Датчик давления для измерения массового расхода воздуха (толстопленочный датчик давления)

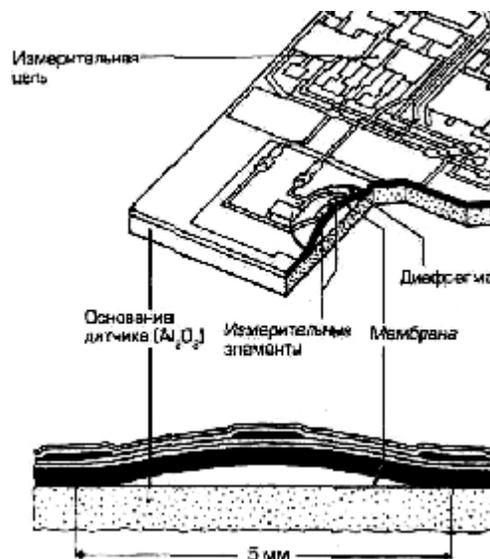


Рис. 2.1.6. Датчик давления для измерения массового расхода воздуха (толстопленочный датчик давления воздуха)

Другие датчики измерения расхода воздуха не получили такого широкого распространения.

Датчики давления

Датчикам давления с мембранным чувствительным элементом 3 (рис. 2.1.7, а) присущи существенные недостатки: наличие механических элементов и сравнительно большое число звеньев в цепи передачи информации, что отрицательно сказывается на точности и надежности измерительной системы.

В бесконтактных индуктивных датчиках при перемещении чувствительного элемента - мембранной камеры 9 (рис. 2.1.7, б) изменяется воздушный зазор в магнитопроводе, магнитное сопротивление магнитопровода и индуктивность катушки. Катушка включена в измерительный мост. При разбалансировке моста появляется электрический сигнал, поступающий в блок управления.

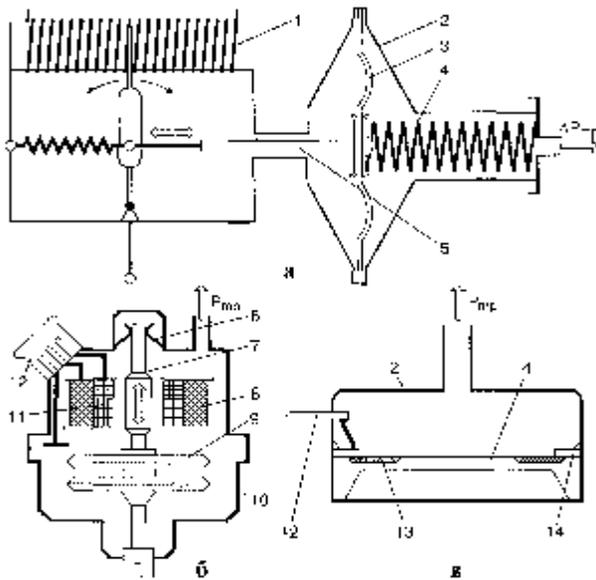


Рис. 2.1.7. Датчики давления:
 а - с мембранным чувствительным элементом;
 б - бесконтактный индуктивный; в - интегральный с полупроводниковыми тензоэлементами; 1 - потенциометр; 2 - корпус мембранного механизма; 3 - мембрана; 4 - калиброванная пружина; 5 - шток; 6 - амортизатор; 7 - стальной сердечник; 8 - первичная обмотка; 9 - мембранная камера; 10-корпус; 11 —вторичная обмотка; 12- электрические контакты; 13 - полупроводниковый тензорезистор; 14 - контактная площадка

Применение микроэлектронной технологии позволило перейти к полностью статическим конструкциям датчиков.

Датчики температуры

В автомобильных системах контроля в качестве датчиков температуры широко используются полупроводниковые терморезисторы, размещаемые в металлическом корпусе, имеющем разъем для включения датчика в измерительную цепь (см. рис. 2.1.8).

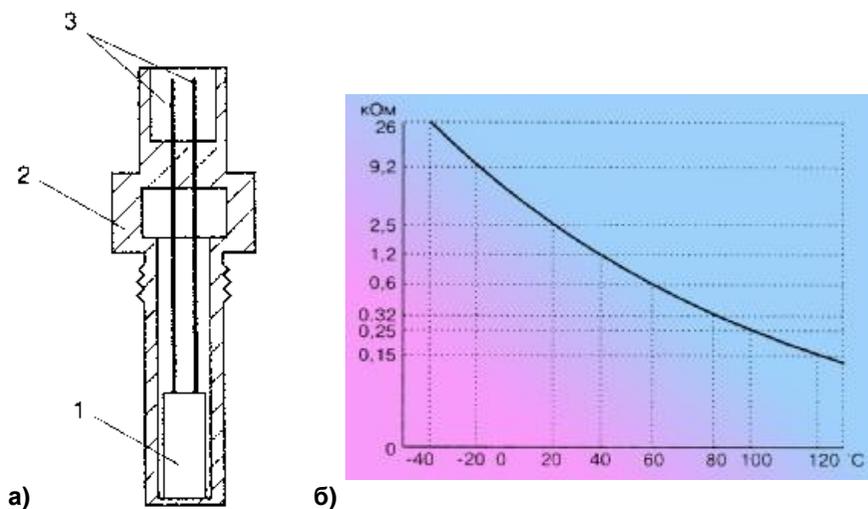


Рис. 2.1.8. Датчик температуры:
 а – конструкция; б – типичная градуировочная характеристика; 1 – полупроводниковый резистор; 2 – металлический корпус; 3 – электрические контакты

Выходная (градуировочная) характеристика температурного датчика, как правило, имеет характер обратной зависимости (см. рис. 2.1.8, б). В системах управления находят применение более совершенные типы датчиков температуры, обладающих высокой стабильностью и малым технологическим разбросом номинального сопротивления, высокой технологичностью, малой инерционностью и простотой конструкции. Это интегральные датчики температуры. Они представляют собой однокристалльные термочувствительные полупроводниковые элементы с периферийными схемами (усилители и т.д.). Выходным сигналом датчика является напряжение. Это также датчики на основе термочувствительных ферритов и конденсаторов, в которых используются зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости от температуры. Однако из-за сложности конструкции они нетехнологичны.

Датчики положения и перемещения

Для определения положений дроссельной заслонки и угловой скорости перемещения (частоты вращения) коленчатого вала применяют датчики контактного типа.

Основой потенциометрического датчика является пленочный резистор с несколькими контактными дорожками, с которыми контактируют упругие токосъемные элементы (см. рис. 2.1.9). Последние связаны с осью датчика и перемещаются вместе с ней. Токосъемные элементы обеспечивают получение сигналов ускорения при резком открытии дроссельной заслонки, о холостом ходе двигателя, информацию о положении дроссельной заслонки и полном или близком к нему открытии дроссельной заслонки.

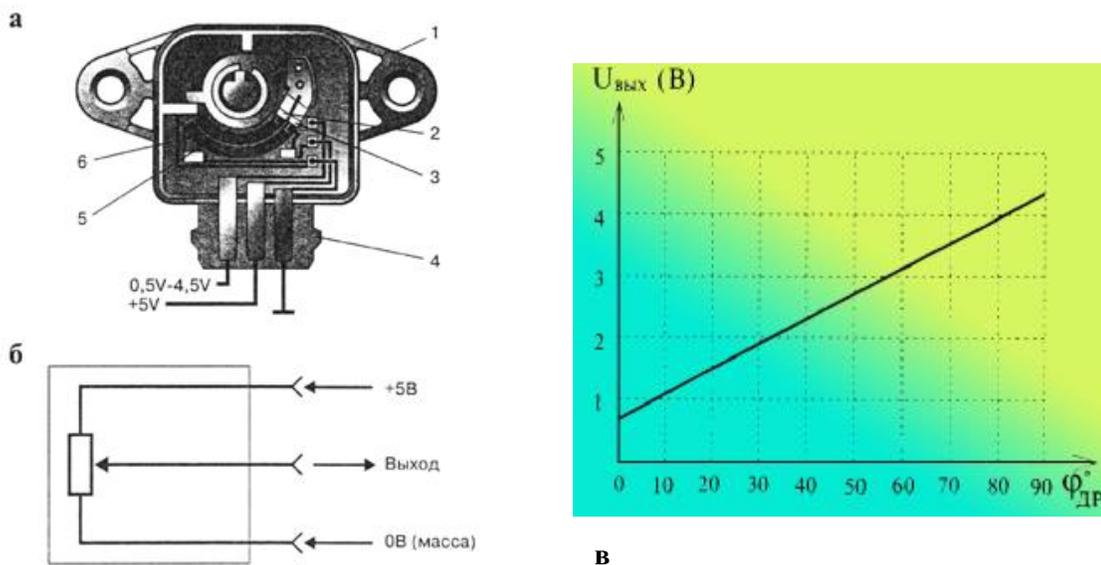


Рис. 2.1.9. Один из вариантов потенциометрического датчика положения дроссельной заслонки:

а – конструкция; б – электрическая схема; в – типичная градуировочная характеристика; 1 - корпус; 2, 3 - скользящие контакты; 4 - электрический разъем; 5, 6 - резистивные дорожки

Основные требования к датчику положения дроссельной заслонки: высокая долговечность и стабильность работы при отсутствии дребезжания контактов. Эти требования выполняются за счет подбора износостойких материалов дорожек и контактных площадок токосъемных элементов.

Недостатки электромеханических датчиков контактного типа отсутствуют в бесконтактных датчиках, в частности, оптоэлектронных датчиках с кодирующим диском. Разрешающая способность датчика может быть меньше 1° за счет применения

прецизионных кодирующих дисков и оптических или фотоэлектрических устройств. Кодирующий диск имеет прорези или прозрачные площадки. По разным сторонам диска установлены источники света и фоточувствительные элементы (обычно фотодиоды). При вращении диска свет попадает на определенную комбинацию фотодиодов (фотоэлементов), что позволяет однозначно определять угол поворота диска.

Индуктивные датчики перемещения в электронных системах управления двигателем используются в основном для измерения частоты вращения коленчатого или распределительного вала двигателя. Они предназначены также для определения ВМТ первого цилиндра или другой специальной метки, служащей началом отсчета для системы управления, чем обеспечивается синхронизация функционирования системы управления с рабочим процессом двигателя.

Индукционная катушка датчика размещена вокруг постоянного магнита, полюс которого со стороны, обращенной к объекту вращения, например, к зубчатому венцу маховика (см. рис. 2.1.10 и 2.1.11), имеет магнитопровод из магнитомягкого материала. Магнитопровод установлен с небольшим зазором относительно зубьев вращающегося зубчатого венца маховика.

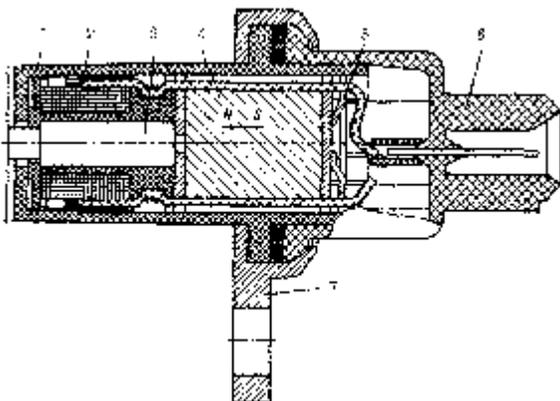


Рис. 2.1.10. Индуктивный датчик:
1 - корпус; 2 - индукционная катушка; 3 - магнитопровод; 4 - магнит из феррита бария; 5 - пружинное кольцо; 6 - крышка со штекерами; 7 - фланец

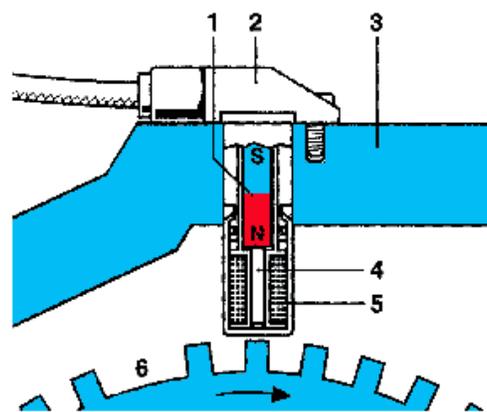


Рис. 2.1.11. Индуктивный датчик вращения:
1 - постоянный магнит; 2 - корпус; 3 - картер двигателя; 4 - магнитомягкий сердечник; 5 - обмотка; 6 - зубчатое колесо с точкой отсчета

При перемещении зубьев относительно магнитопровода величина зазора между ними меняется. Это вызывает изменение магнитной индукции и появление двухполярного электрического импульса в индукционной катушке. Две пикообразные полуволны импульса расположены симметрично относительно оси, проходящей через нулевую точку, а нулевая точка соответствует центру каждого зуба, что позволяет с большой точностью определить их положение.

Амплитуда выходного сигнала датчика зависит от длины воздушного зазора между магнитопроводом и маркерным зубом и от скорости изменения магнитной индукции, зависящей от скорости перемещения зуба.

Индуктивные датчики относятся к числу наиболее надежных датчиков в электронных системах управления автомобильных двигателей.

Датчики детонации

Датчики детонации отличаются большим разнообразием по конструкции и физическим принципам работы, так как имеет место большое количество признаков проявления детонации. Соответственно, датчики могут размещаться на двигателе в различных местах.

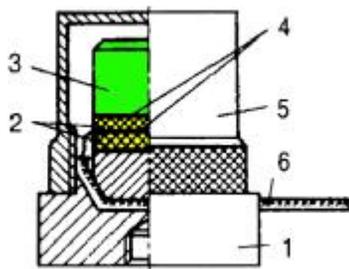


Рис. 2.1.12. Пьезоэлектрический вибродатчик:
1 - основание; 2 - пьезоэлементы;
3 - инерционная масса; 4 - латунная фольга; 5 - крышка; 6 - кабель

Наиболее распространен способ установления детонации с помощью пьезокварцевого вибродатчика (рис. 2.1.12), все элементы которого крепятся к основанию 1, выполненному из титанового сплава. Пьезоэлектрический преобразователь состоит из двух включенных параллельно кварцевых пьезо-элементов. При возникновении детонации (вибрации) инерционная масса 3 воздействует на пьезоэлементы 2 с

соответствующей частотой и усилием. В результате пьезоэффекта появляется переменный сигнал, который снимается с кварцевых пластин с помощью выводов из латунной фольги.

Датчики кислорода (I-зонды)

Известны два типа датчиков кислорода. В одном из них чувствительным элементом является диоксид циркония ZrO_2 , во втором - диоксид титана TiO_2 . Оба типа датчиков реагируют на парциальное давление кислорода.

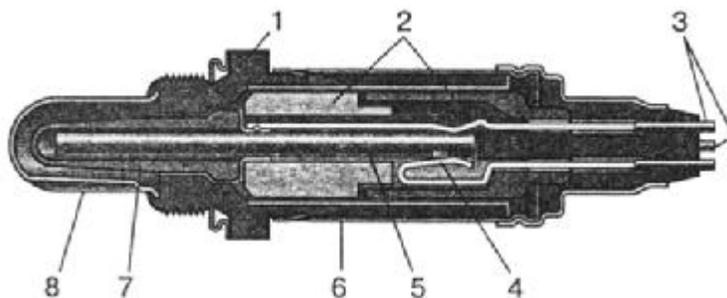


Рис. 2.1.13. Циркониевый датчик кислорода:
1 — корпус; 2 — керамический уплотнитель; 3 — выводы (подогрев и сигнал); 4 — контакт нагревательного элемента; 5 — нагревательный элемент; 6 — кожух;
7 — твердый электролит на основе ZrO_2 ; 8 — защитный колпачок с прорезями

Циркониевый датчик (рис. 2.1.13) 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 добавлением оксида иттрия 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 (рис. 2.1.14).

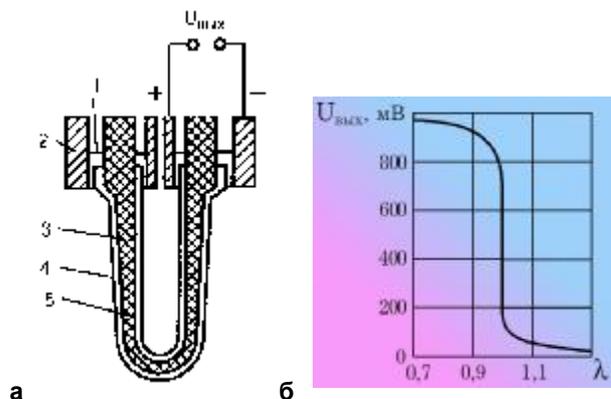


Рис. 2.1.14. Циркониевый датчик кислорода:
 а – схема; б – градуировочная характеристика; 1 - электропроводное уплотнение; 2 - корпус; 3 - твердый электролит; 4, 5 - внешний и внутренний электроды

При низком уровне парциального давления кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной смеси ($\lambda < 1$), датчик, как гальванический элемент, генерирует высокое напряжение (700-1000 мВ). 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 50-100 мВ. Такое резкое падение напряжения датчика при переходе от обогащенных к обедненным смесям позволяет определить стехиометрический состав смеси с погрешностью не более $\pm 0,5\%$.

Выходное напряжение датчика зависит от температуры, поскольку проводимость диоксида циркония при температуре ниже 300°C практически равна нулю. Поэтому рабочей температурой датчика считается 600°C , для достижения которой поздние модели датчика оборудованы обогревателем.

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 рис. 2.1.15. Параллельно чувствительному элементу 1 датчика подключен термистор для компенсации влияния температуры на сопротивление соединения TiO_2 .

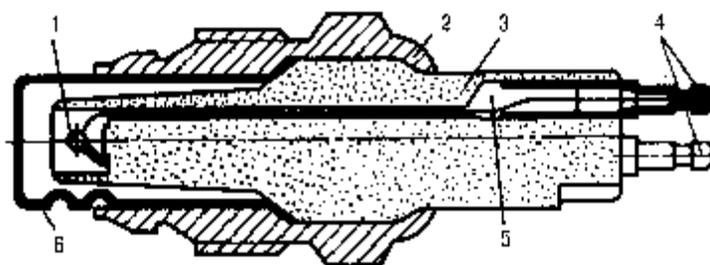


Рис. 2.1.15. Датчик кислорода на основе двуокиси титана:
 1 - чувствительный элемент; 2 - металлический корпус; 3 - изолятор; 4 - входные контакты; 5 - уплотнение; 6 - защитный кожух

Тема № 2

Конструктивные особенности различных систем управления двигателями.

Лекция №2

Исполнительные тракты (актуаторы) систем управления двигателями.

Учебные вопросы:

1. Исполнительные тракты (актуаторы) систем управления двигателями

Исполнительные тракты (актуаторы) систем управления двигателями.

Электромагнитные форсунки

Работа электромагнитной форсунки связана с протекающими одновременно гидравлическими, механическими, электромагнитными и электрическими процессами, поэтому она является одним из наиболее ответственных элементов в системе впрыскивания топлива.

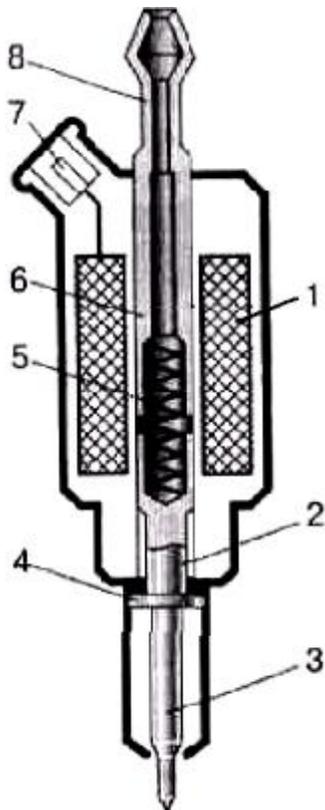


Рис. 2.2.1. Конструктивная схема электромагнитной форсунки:
1 - обмотка электромагнита; 2 - якорь; 3 - запирающий элемент; 4 - упор; 5 - пружина; 6 - магнитопровод; 7 - выходные контакты; 8 - штуцер для топлива

Форсунки открываются автоматически и осуществляют дозирование и распыление топлива. Обычно форсунки разрабатываются для каждой модели автомобиля и двигателя, они постоянно совершенствуются, поэтому можно отметить большое разнообразие их конструкций.

Форсунки работают в импульсном режиме при частоте срабатывания от 10 до 200 Гц в условиях вибрации двигателя, повышенных температур и при этом должны обеспечивать линейность характеристики дозирования топлива в пределах 2-5% на протяжении всего срока службы (около 600 млн. циклов срабатывания).

Сигнал на начало впрыскивания топлива подается на обмотку 1 (рис.2.2.1) электромагнита, размещенную в металлическом корпусе. В корпусе расположен также запирающий элемент 3 клапана, прижимаемый к седлу пружиной 5. Когда на обмотку электромагнита от электронного блока управления подается электрический импульс прямоугольной формы определенной длительности, запирающий элемент

перемещается, преодолевая сопротивление пружины, и открывает отверстие распылителя. Топливо поступает в двигатель. После прекращения электрического сигнала запирающий элемент под действием пружины возвращается в седло. Количество впрыскиваемого топлива за цикл при постоянстве давления на входе в форсунку зависит только от длительности управляющего импульса.

В реальной форсунке время открытого состояния клапана не совпадает с длительностью управляющего импульса. После подачи управляющего электрического импульса на форсунку в обмотке электромагнита возникает ток самоиндукции, препятствующий нарастанию магнитного потока в системе. Открытие клапана происходит с задержкой по времени. При прекращении подачи управляющего импульса в результате самоиндукции сохраняющийся магнитный поток будет препятствовать быстрому отпусканью запирающего элемента.

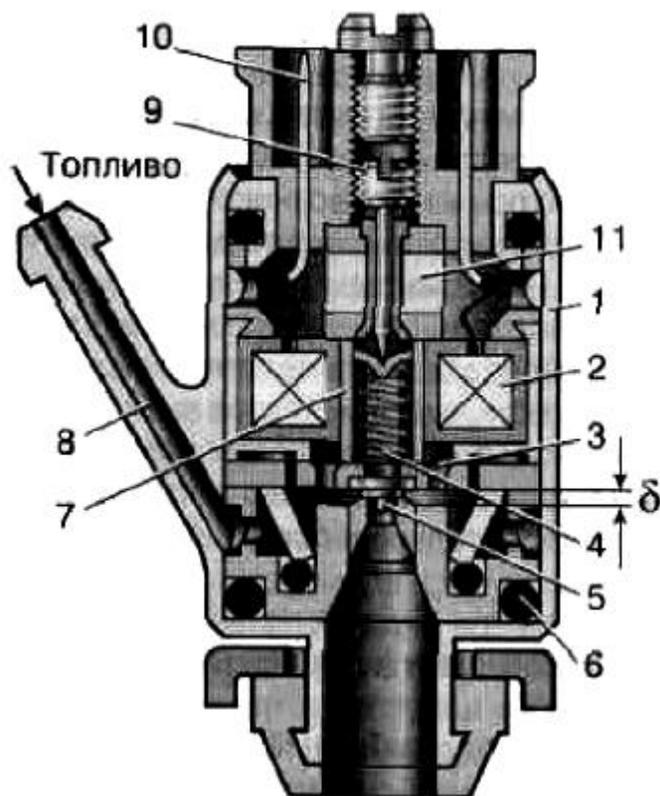


Рис. 2.2.2. Электромагнитная форсунка с плоским запирающим элементом:

1 - корпус; 2 - обмотка электромагнита; 3 - запирающий элемент; 4 - пружина; 5 - жиклер клапана; 6 - топливный фильтр; 7 - сердечник электромагнита; 8 - топливные каналы; 9 - регулировочный винт; 10 - электрические контакты; 11 - магнитная вставка; δ - рабочий ход запирающего элемента

элемента составляет 0,15 мм и ограничивается специальным дистанционным кольцом. В форсунке применена поляризованная электромагнитная система, которая, кроме обмотки электромагнита, включает кольцевую вставку из магнитотвердого сплава, создающего поляризующий магнитный поток. При этом появилась возможность увеличить усилие пружины 4, что повысило герметичность клапана. Усилие пружины может регулироваться специальным винтом 9, закрытым пробкой. Внутри форсунки размещен топливный фильтр 6 в виде кольца из порошкового материала, так как при попадании загрязнений (частиц размером более 30-40 мкм) клапан форсунки может потерять герметичность.

Повысить быстродействие электромагнитной форсунки можно за счет уменьшения числа витков обмотки электромагнита и ее индуктивности. Однако при этом уменьшается сопротивление обмотки и увеличивается сила потребляемого ею тока. Для ограничения силы тока последовательно с обмоткой включают резистор.

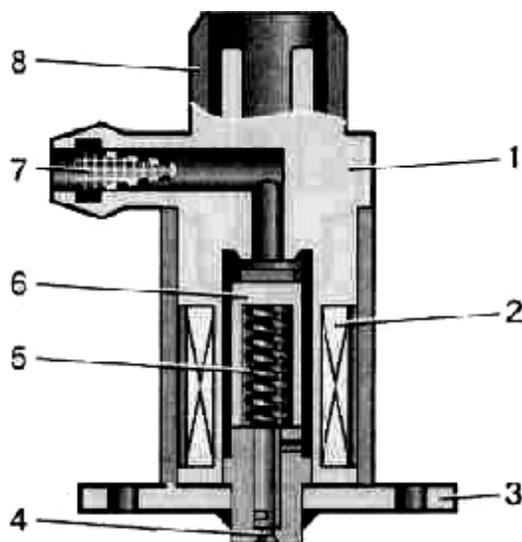
В электромагнитных форсунках используются три вида запирающих элементов клапана: плоский (дисковый), конусный (штифтовый), сферический (шариковый).

Плоский запирающий элемент 3 форсунки, представленной на рис. 2.2.2, изготовлен из магнитомягкой стали и в центральной части имеет стальную вставку, которая предотвращает появление кольцевой выработки в месте его посадки на седло клапана. Рабочий ход запирающего

Форсунки с конусным запирающим элементом получили наибольшее распространение. Форсунка имеет нижний подвод топлива, обеспечивающий его постоянную циркуляцию через форсунку, лучшее охлаждение электромагнитной системы и лучшие условия для отвода пузырьков газа.

Преимущество сферического запирающего элемента состоит в том, что сферические элементы обладают хорошими герметизирующими свойствами и способностью к центрированию в седле клапана.

Форсунки для распределенного и центрального впрыскивания отличаются по размерам, способу крепления на двигателе, способу подвода топлива и по сопротивлению обмоток электромагнита.



Дополнительная пусковая форсунка отличается по конструкции от рабочих. Обычно она состоит из корпуса с фланцем крепления 4 (рис. 2.2.3), в который завальцован пластмассовый каркас 1 обмотки 2 электромагнита. Запирающий элемент 6 клапана является якорем электромагнита. В нижней части корпуса расположен центробежный распылитель. При подаче топлива пусковая форсунка постоянно находится в открытом состоянии.

Рис. 2.2.3. Пусковая форсунка:

1 - пластмассовый каркас; 2 - обмотка электромагнита; 3 - фланец крепления форсунки; 4 - распылитель; 5 - пружина; 6 - запирающий элемент; 7 - топливоподводящий штуцер с фильтрующим элементом; 8 - электрические контакты

Электромагнитные клапаны. Переключающие устройства

Электромагнитный клапан системы автоматического управления ЭПХХ (рис. 2.2.4) герметично закрыт, что препятствует попаданию влаги в его внутреннюю полость. При подаче напряжения на обмотку электромагнита якорь притягивается к стопу (упору) и запорное кольцо перекрывает доступ топлива по каналу системы холостого хода карбюратора. Обратный ход якоря обеспечивает возвратная пружина. Электромагнитный клапан ЭПХХ имеет неразборную конструкцию, отличается простотой, надежностью и малой стоимостью.

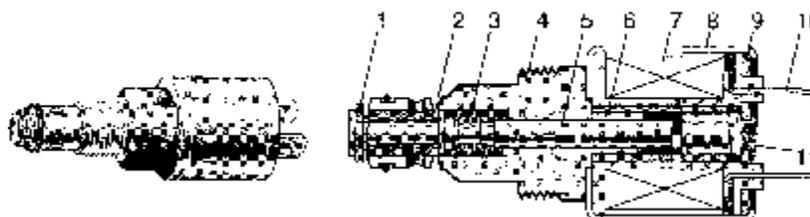


Рис. 2.2.4. Электромагнитный клапан:

1 - запорное кольцо; 2 - стопорное кольцо; 3 - пружина; 4 - корпус; 5 - якорь; 6 - втулка; 7 - катушка электромагнита; 8 - кожух; 9 - крышка; 10 - штекер; 11 - упор

Примером переключающего устройства систем управления двигателем является пневмоэлектрический клапан системы управления турбонаддувом. Специфика работы в среде с высокой температурой требует предусмотреть меры для охлаждения клапана.

Исполнительные устройства с электродвигателями.

Для подачи топлива к форсункам в системах впрыскивания топлива используются электрические топливные насосы. В основном используются насосы роторного типа (рис. 2.2.5). Насосы могут устанавливаться как вне, так и внутри топливного бака. При внешней установке насос представляет собой автономный агрегат, объединяющий насос и электродвигатель в одном корпусе.

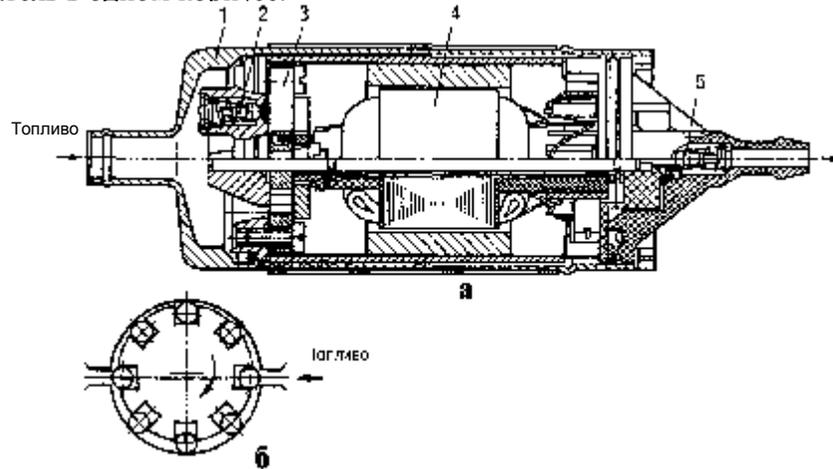


Рис. 2.2.5. Электрический топливный насос:

а - продольный разрез; б - схема действия; 1 - корпус насоса; 2 - предохранительный клапан; 3 - роликовый насос; 4 - электродвигатель; 5 - обратный клапан

При размещении в баке насос представляет собой единый агрегат, включающий собственно насос, топливопроводы, демпфирующее устройство, фильтр, провода электропитания и т.д. Пример системы топливоподачи с таким насосным агрегатом приведен на рис. 2.2.6.

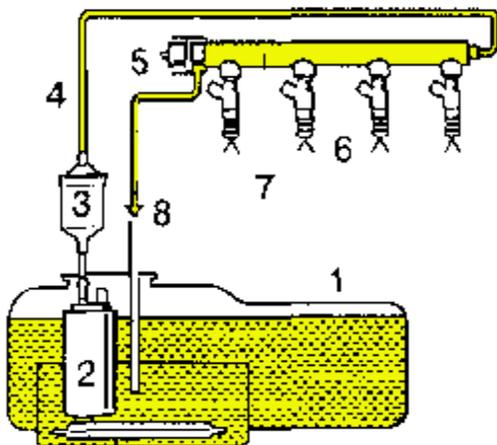


Рис. 2.2.6. Схема топливоподачи с топливным насосом, устанавливаемым в топливном баке:
1 - бак; 2 - топливный насос с электроприводом; 3 - топливный фильтр; 4 - нагнетательная магистраль высокого давления; 5 - регулятор давления топлива; 6 - форсунки; 7 - топливопровод с форсунками (непрерывный поток)

На рис. 2.2.7 представлен регулятор холостого хода с приводным шаговым электродвигателем. Шаговый электродвигатель имеет четыре обмотки управления. Обмотки размещены на статоре. В продольных пазах ротора установлены постоянные магниты с чередующимся расположением полюсов. Управление двигателем ведется с помощью электрических импульсов различной полярности, подаваемых на обмотки в определенной последовательности.

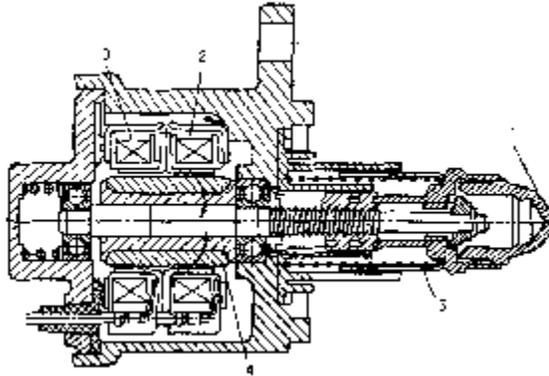


Рис. 2.2.7. Регулятор холостого хода с шаговым электродвигателем:
1 - дросселирующий элемент; 2, 3 - обмотки шагового электродвигателя; 4 - ротор шагового электродвигателя; 5 - пружина

Малогабаритные электродвигатели постоянного тока используются для регулирования расхода воздуха на холостом ходу путем перемещения дроссельной заслонки. Вал электродвигателя через редуктор связан с цилиндрическим толкателем, который непосредственно воздействует на подпружиненный рычаг заслонки.

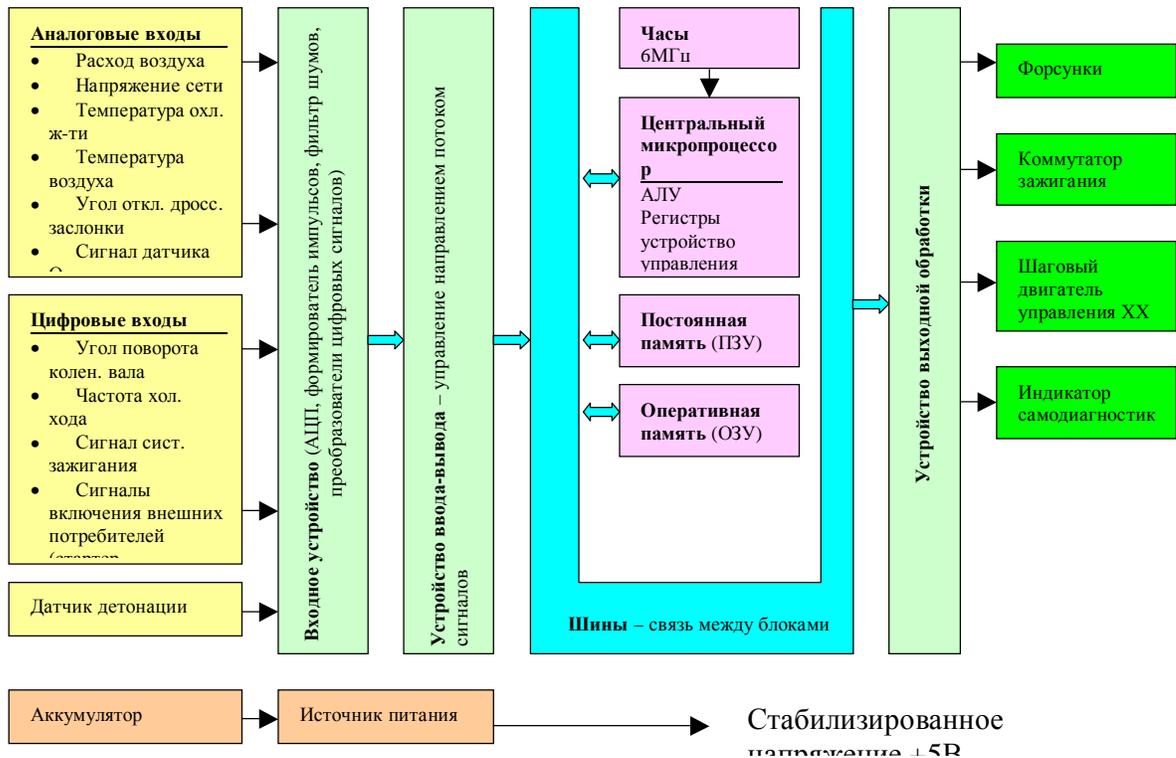


Рис. 2.2.8. Структура блока электронного управления

Электронный блок управления (ЭБУ)

Структура ЭБУ (ECU – Engine Control Unit) показана на рис. 1.36. Функции отдельных его систем состоят в следующем.

Входное устройство.

Сигналы, стекающиеся на вход ЭБУ от датчиков, преобразуются в форму, понятную компьютеру, т.е. в серию импульсов ДА - НЕТ, которые представляют собой цифры в двоичной системе: ДА = 1; НЕТ = 0.

Аналоговые сигналы, например, напряжение аккумулятора, преобразуются в двоичный код с помощью аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Разовые команды, например, сигналы включения внешних потребителей – кондиционера, фар и т.п., преобразуются с помощью соответствующих преобразователей в цифровые коды.

Устройство ввода-вывода (УВВ).

Это устройство принимает сигналы в те моменты и в той последовательности, в которой они поступают, а затем выдает их в процессор компьютера в той последовательности и с той скоростью, которая нужна процессору, либо отправляет текущую информацию в оперативную память машины.

Часы.

Компьютер оперирует данными как функциями времени. Для определения времени и временных интервалов в компьютере установлен точный кварцевый генератор импульсов.

Шины.

Отдельные блоки компьютера связаны между собой плоскими кабелями, известными под названием шины. По шинам передаются данные (шина данных), адреса памяти (адресная шина), а также сигналы управления (управляющая шина).

Устройство выходной обработки.

В состав устройства входят цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) и усилители, предназначенные для формирования сигналов управления исполнительными устройствами, подключенными к ЭБУ (форсунки, катушка зажигания и т.п.).

Центральный микропроцессор.

Микропроцессор выполняет в компьютере все вычисления. Все, что он умеет делать, это складывать, вычитать, делить и умножать, поэтому все программы, которые выполняет процессор, должны состоять из этих операций. Кроме того, процессор умеет выполнять логические операции.

ЭБУ управляет ходом вычислений, направляя в процессор нужную информацию в нужный момент и отправляя результаты вычислений в нужные устройства.

Постоянная память.

Эта память может только выдавать хранящуюся в ней информацию, но она никак не может быть изменена. Эта информация сохраняется в памяти даже при отсутствии питания. В эту память невозможно записать никакую новую информацию.

В постоянной памяти хранятся данные, такие как карта значений управляемых параметров двигателя в табличной форме, коды, управляющие программы и пр. Все эти данные заносятся (зашиваются) в постоянную память изготовителем. В состав постоянной памяти входят также перепрограммируемые и стираемые блоки, которые могут быть использованы изготовителем или его представителем для обновления и изменения записанной информации.

Оперативная память.

Текущие данные – сигналы датчиков, команды управления и промежуточные результаты вычислений хранятся в оперативной памяти компьютера, пока не будут заменены новой информацией. Оперативная память при выключении питания теряет всю хранящуюся в ней информацию.

Дополнительные функции ЭБУ

Электронный блок управления помимо задач управления впрыском количества топлива, соответствующего массе воздуха, и моментом зажигания для своевременного воспламенения сформированной рабочей смеси, выполняет ряд других дополнительных, но важных с точки зрения указанных критериев функциональных задач. Среди их множества выделим две наиболее важные: управление двигателем на режиме холостого хода и самодиагностику.

Управление работой двигателя на холостом ходу

Частота вращения коленчатого вала на холостом ходу определяется расходом воздуха, коэффициентом избытка воздуха λ и моментом зажигания. Эти параметры могут регулироваться изменением количества подаваемого воздуха и/или момента зажигания. Эффективным методом регулирования частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу является изменение заряда в цилиндре. Холостой ход является одним из наиболее часто встречающихся в условиях городского движения режимов работы. Поэтому регулирование двигателя с целью получения наиболее низкой частоты вращения коленчатого вала является важным шагом к снижению расхода топлива и токсичности. Системы с замкнутым контуром обеспечивают равномерную и устойчивую работу на этом режиме в течение всего срока работы ДВС (без обслуживания).

Датчики регистрируют частоту вращения коленчатого вала, температуру, положение дросселя и дополнительные параметры: работу автоматической трансмиссии, системы кондиционирования воздуха и других агрегатов. Электронный блок управления сравнивает действительную частоту вращения коленчатого вала с заданной и выдает сигнал на исполнительное устройство, изменяющее дросселирование потока воздуха на входе, тем самым доводя частоту вращения коленчатого вала до желаемой. Применяются концепции регулирования с замкнутыми контурами быстрого и постепенного реагирования. Системы быстрого реагирования обеспечивают практически мгновенную реакцию на изменение нагрузки двигателя, возникающее при включении энергопотребляющих устройств. Они позволяют получать минимальные частоты вращения коленчатого вала и, таким образом, сокращать расход топлива и содержание вредных веществ в отработавших газах. Вместе с тем реакция системы не должна быть слишком быстрой, чтобы не нарушить устойчивость работы двигателя. Система с постепенным реагированием позволяет компенсировать долго действующие отклонения, но она менее пригодна для минимизации частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу и улучшения топливной экономичности.

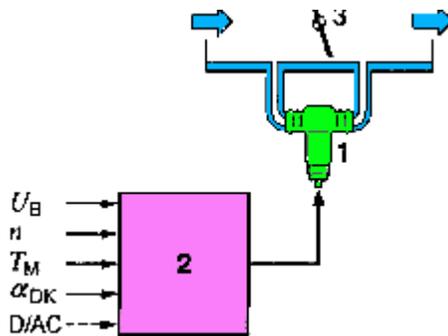


Рис. 2.2.9. Управление частотой вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу:

1 - исполнительное устройство;
 2 - электронный блок управления;
 3 - дроссельная заслонка; U_B - подача напряжения; n - частота вращения коленчатого вала двигателя; T_M - температура двигателя; α_{DK} - положение дроссельной заслонки (угол открытия); D/AC - сигналы от автоматической трансмиссии и

Кроме систем регулирования заряда с исполнительным устройством, действующим в обход дросселя, существуют другие системы, непосредственно воздействующие на дроссель.

Исполнительное устройство системы (шаговый двигатель) располагается в магистрали, установленной в обход дроссельной заслонки. Шаровой затвор на оси якоря открывает перепускной канал для воздуха и удерживает его в открытом состоянии до тех пор, пока не достигается нужная частота вращения на холостом ходу. Напряжение подается попеременно к двум обмоткам исполнительного устройства (две катушки) для получения противоположно действующих усилий на якорь. Шаровой затвор обеспечивает регулирование открытия перепускного канала, который соответствует так называемому коэффициенту периода импульса (т.е. отношению длительности импульса к длительности промежутка между импульсами). Другие виды исполнительных устройств (с одной обмоткой) обычно воздействуют на подпружиненный якорь, который может вращаться или перемещаться в поперечном направлении. При отсечке тока некоторые исполнительные устройства возвращаются в свое первоначальное положение - этого достаточно для продолжения работы двигателя на минимальных оборотах холостого хода.

В качестве исполнительного устройства в ряде систем используется клапан с биметаллической пластиной, которая управляется нагревательным элементом, подключенному к ЭБУ (см. рис. 1. 38).

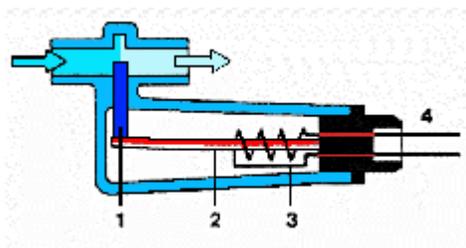


Рис. 2.2.10. Устройство дополнительной подачи воздуха:

1 - заслонка; 2 - биметаллическая пластина; 3 - электрический нагревательный элемент; 4 - клеммы электропроводки

Интегрированная диагностика

Самодиагностика является стандартной для всех микропроцессорных систем управления. При нормальной работе функции самопроверки обеспечиваются параллельно с другими функциями, такими, как впрыск топлива и зажигание. Самодиагностика характеризуется выполнением нескольких требований:

- 1. Контроль за работой сложных систем и узлов.** Все усложняющаяся конструкция двигателя делает возможности самодиагностики весьма важными для обнаружения и устранения неисправностей. Целью является интегрирование всей системы в процесс диагностики.
- 2. Защита узлов и деталей, подвергающихся особому риску в случае появления неисправностей.** Например, можно привести защиту каталитического нейтрализатора, реагирующего на пропуски зажигания в двигателе. Система реагирует на определенную частоту появления пропусков зажигания, отключая подачу топлива в неисправный цилиндр для предотвращения перегрева нейтрализатора.
- 3. Работа в аварийной ситуации согласно величинам, принимаемым по «умолчанию».** Например, при выходе из строя датчика нагрузки (определяющего массовый расход воздуха), генерируется сигнал его замены, базирующийся на значениях частоты вращения коленчатого вала и положения дроссельной заслонки.
- 4. Информация водителя о неисправностях системы диагностики с помощью индикаторных ламп, дисплеев и акустических приборов предупреждения.** В США Совет по контролю за воздушными ресурсами штата Калифорния (CARB) и Агентство по охране окружающей среды (EPA) определили требования к бортовой диагностике автомобилей. В Европе разрабатываются аналогичные нормы для выявления нарушений в устройствах для снижения токсичности отработавших газов.
- 5. Хранение точной информации.** Система хранит в ECU предупреждающую информацию и данные об отдельных неисправностях. Также в запоминающем устройстве хранятся данные об условиях работы двигателя на момент первоначального обнаружения ошибки. Тип и полнота информации регламентируются стандартами SAE J1978, J1979 и J2012. Стандарты ISO в настоящее время находятся в стадии разработки.
- 6. Доступ к хранимым ошибкам.** Данные, хранящиеся в памяти системы самодиагностики во время работы автомобиля, могут быть переданы на диагностический стенд с дисплеем через последовательно подключенный многоканальный вход (порт). Необходимые для этого протоколы обмена приведены в стандартах ISO 9141 и 14230.

Устройство для доступа к кодам ошибок называется сканером, а процедура, основанная на использовании хранящихся в памяти ЭБУ кодов ошибок, имеет название серийной диагностики, о которой пойдет речь позднее.

Другим и более простым вариантом является передача данных об ошибках в форме мигающего кода на приборном щитке. Это помогает обслуживающему персоналу ускорить диагностику путем сужения поля возможных источников неисправностей.

Тема № 3
Технические средства диагностики.

Лекция №1
Технические средства диагностики.

Учебные вопросы:

- 1. Понятие технической диагностики.**
- 2. Технические средства диагностики.**

1. Понятие и технической диагностики.

Современные технические объекты включают в себя большое число компонентов, объединенных между собой сложной системой функциональной связи и информационного обмена, причем отдельные компоненты могут быть сами по себе достаточно сложными динамическими системами (Пример: автомобиль, двигатель, трансмиссия и т.п.). Вместе с тем отказ одного из компонентов может привести к отказу всего объекта и, как следствие, — к невыполнению возложенной на него задачи.

Причинами отказов отдельных компонентов объекта являются, как правило, различного рода *дефекты*.

В государственном стандарте "Качество продукции. Термины" (ГОСТ 15467—79) *дефект* определяется как любое несоответствие того или иного изделия требованиям, установленным нормативно-технической документацией.

При этом дефект интерпретируется как некоторый изъян (недостаток) изделия, являющийся результатом одной из причин:

- ошибок при его конструкторской разработке и изготовлении,
- использования исходных материалов и комплектующих элементов, не обладающих достаточно высоким качеством,
- отклонения технологического процесса изготовления от заданного,
- несоблюдения установленных правил эксплуатации и применения,
- различного рода повреждений из-за воздействия непредусмотренных дестабилизирующих факторов (температурных, ударных, акустических, климатических и т. п.).

При разработке и изготовлении конкретного объекта ему придается ряд свойств, которые в совокупности определяют качество объекта. К каждому из этих свойств предъявляются определенные требования, вытекающие из условий целевого применения объекта. Несоответствие хотя бы одного из этих свойств установленным требованиям свидетельствует о наличии в объекте дефекта. В дальнейшем при работе объекта тоже необходимо осуществлять такого рода проверки с тем, чтобы своевременно выявить дефект в случае его возникновения и принять необходимые меры к его устранению или, по крайней мере, уменьшению его вредных последствий.

Обнаружение дефекта есть установление факта его наличия в объекте.

Поиск дефекта заключается в указании с определенной точностью его местоположения в объекте.

Отрасль научно-технических знаний, сущность которой составляют теория, методы и средства *обнаружения и поиска дефектов* объектов технической природы и есть **техническая диагностика**

Совокупность подверженных изменению свойств объекта, характеризующую степень его функциональной пригодности в заданных условиях целевого применения, называют **техническим состоянием** объекта.

С того момента, как появляется необходимость определения технического состояния технической объект выступает в роли объекта диагностирования. Иными словами,

Объект диагностирования - изделие и его составные части или заготовка, техническое состояние которых подлежит определению (ГОСТ 20911-75).

Определить техническое состояние объекта — это значит выяснить, обладает ли он набором требуемых свойств, обеспечивающих пригодность его к применению и правильность выполнения им своих функций, и если не обладает, — то по причине каких дефектов.

Все возможные технические состояния объекта делятся на виды.

Вид технического состояния – это такая его категория, которая характеризуется соответствием (или несоответствием) качества объекта определенным требованиям (ГОСТ 20911—75 "Техническая диагностика. Термины и определения").

Следует различать понятия «*техническое состояние*» и «*вид технического состояния*».

Признаками технического состояния объекта могут быть качественные и (или) количественные характеристики его свойств. Фактические значения количественных и проявления качественных характеристик определяют техническое состояние объекта.

Различают следующие виды технического состояния:

- исправность и неисправность;
- работоспособность и неработоспособность;
- правильное функционирование и неправильное функционирование.

В государственном стандарте "Надежность в технике. Термины и определения" (ГОСТ 27.002-83) **исправностью** объекта называют такое его состояние, при котором он полностью удовлетворяет всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией. Говорят, что объект находится в **исправном техническом состоянии**.

Для условий эксплуатации практически важным является понятие *работоспособного технического состояния* объекта.

Работоспособностью объекта называют способность его выполнять заданные функции, сохраняя заданные параметры в пределах, установленных нормативно-технической документацией.

Событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта, называют его **отказом**.

Как видим, понятия "исправность" и "повреждение" являются более широкими, чем понятия "работоспособность" и "отказ" соответственно. Работоспособный объект в отличие от исправного должен удовлетворять лишь тем требованиям, которые обеспечивают его нормальное функционирование. Другие же требования (например, к внешнему виду, качеству защитных покрытий, целостности вспомогательных приспособлений и т.д.) могут не выполняться. Очевидно, что исправный объект всегда работоспособен, но работоспособный объект не всегда является исправным. Следует

заметить, что многие из дефектов хотя и не нарушают работоспособности объекта в рассматриваемый момент времени, тем не менее снижают его безотказность, а потому подлежат устранению по мере их выявления.

При одном и том же объективно существующем техническом состоянии объект может быть, например, работоспособным для одних условий применения и неработоспособным для других.

Наконец, для этапа применения по назначению существенным является понятие *технического состояния правильного функционирования* объекта.

Определение вида технического состояния объекта называется *контролем его технического состояния*.

Задача выявления дефектов (поиска дефектов) относится к задачам *технического диагностирования*, которое в соответствии с государственным стандартом (ГОСТ 20911—75) считается составной частью процесса контроля технического состояния объекта. Поиск дефекта — это определение его места с заданной глубиной.

Глубина поиска задается указанием составных частей объекта, с точностью до которых должно определяться место дефекта.

Результатом диагностирования является *технический диагноз* — заключение о техническом состоянии объекта с указанием, при необходимости, места, вида и причины дефекта (дефектов).

Таким образом, задачами диагностирования являются задачи проверки исправности, работоспособности и правильности функционирования объекта, а также задачи поиска дефектов, нарушающих исправность, работоспособность или правильность функционирования.

Исходя из этого, см. рис.3.1.1.



Рис.3.1.1. Предмет и цели технической диагностики

Диагностирование технического состояния любого объекта осуществляется теми или иными *средствами диагностирования*. Средства могут быть аппаратными или программными; в качестве средств диагностирования может также выступать человек-оператор, контролер, наладчик.

Совокупность средств и объекта диагностирования и, при необходимости, исполнителей, подготовленная к диагностированию или осуществляющая его по правилам, установленным соответствующей документацией называют **системой технического диагностирования (системой диагностирования)** – ГОСТ 20911-75. Там же указано, что термин «диагностическая система» является недопустимым.

Различают системы **тестового** и **функционального диагностирования**. В системах тестового диагностирования на объект подаются специально организуемые *тестовые воздействия*.

В системах функционального диагностирования, которые работают в процессе применения объекта по назначению, подача тестовых воздействий, как правило, исключается; на объект поступают только *рабочие воздействия*, предусмотренные его алгоритмом функционирования.

В системах обоих видов средства диагностирования воспринимают и анализируют *ответы объекта* на входные (тестовые или рабочие) воздействия и выдают результат диагностирования, т. е. ставят диагноз: объект исправен или неисправен, работоспособен или неработоспособен, функционирует правильно или неправильно, имеет такой-то дефект или в объекте повреждена такая-то его составная часть и т. п.

Системы тестового диагностирования необходимы для проверки исправности и работоспособности, а также поиска дефектов, нарушающих исправность или работоспособность объекта.

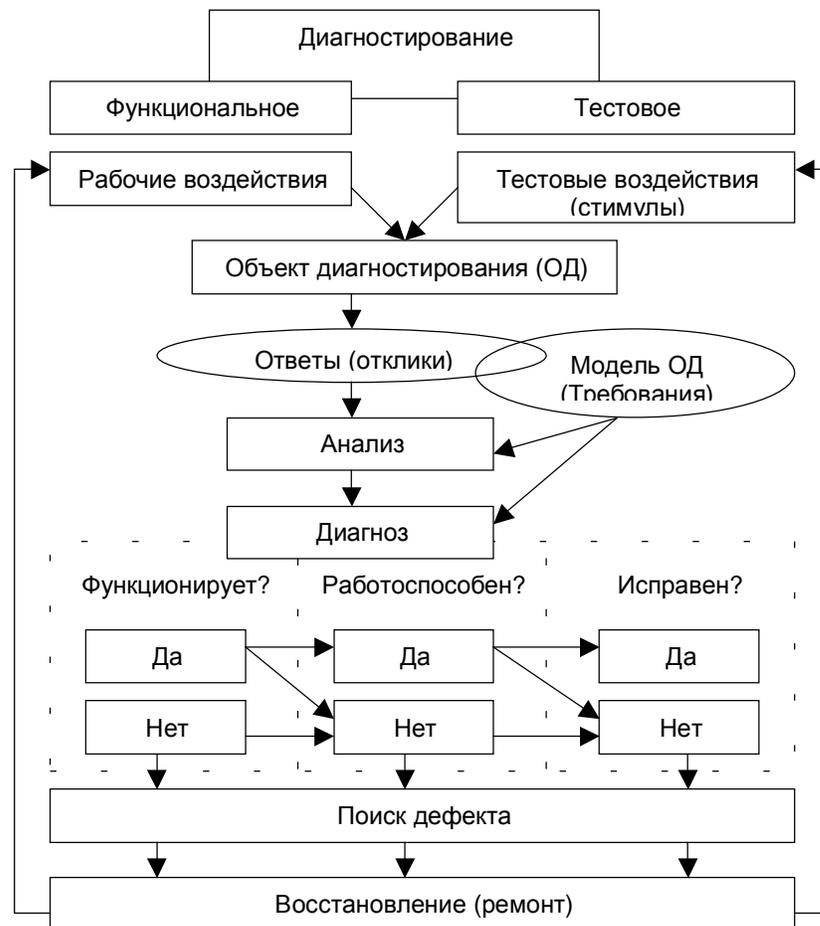


Рис.3.1.2. Общая схема процесса диагностирования

Эффективность процессов диагностирования определяется не только качеством алгоритмов диагностирования, но и в не меньшей степени качеством средств диагностирования. Последние могут быть *аппаратурными* или *программными*, *внешними* или *встроенными*, *ручными*, *автоматизированными* или *автоматическими*, *специализированными* или *универсальными* (Рис.3.1.3).

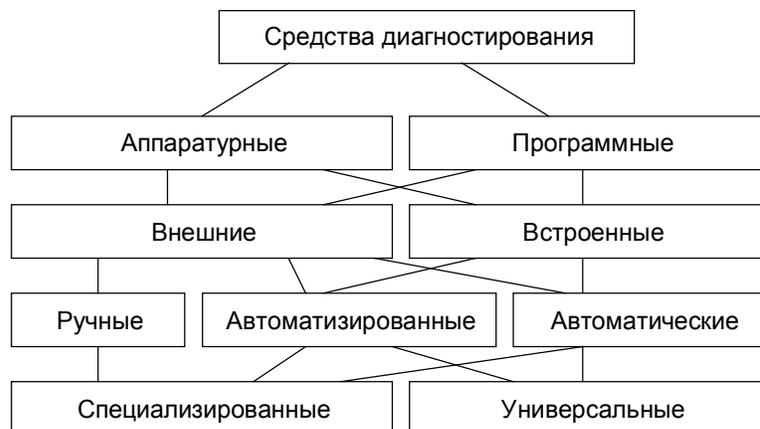


Рис.3.1.3. Классификация средств диагностирования

2. Технические средства диагностики.

Перечень технических средств диагностики очень широк, поэтому дать подробное описание каждого средства практически невозможно.

Остановимся на минимальном наборе средств, который даёт возможность произвести оценку технического состояния двигателя и системы управления.

Этот перечень выглядит следующим образом:

- **компрессометр (компрессограф);**
- **комплект для измерения давления топлива;**
- **4-х компонентный газоанализатор с автоматическим вычислением параметра I ;**
- **мотортестер;**
- **сканер;**
- **информационно-справочные системы.**

Первые три позиции данного перечня обязательны для проведения оценки технического состояния любого двигателя независимо от его типа, а без такой оценки попытки оценки работоспособности СУД, а тем более её ремонта теряют всякий смысл.

Подбор конкретной модели мотортестеров и сканеров осуществляется на основе оценки их возможностей, прогнозирования предполагаемого перечня моделей обслуживаемых автомобилей и финансовых соображений.

Рассмотрим подробнее основные технические средства диагностики в соответствии с вышеупомянутым перечнем

Компрессометр.

Представляет собой манометр с невозвратным клапаном и предназначен для измерения величины максимального давления в цилиндре в конце такта сжатия (эту величину часто называют компрессией). Результаты измерений используются для оценки состояния деталей цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма.

Важно оценить не только величину компрессии, но и скорость нарастания давления в цилиндре, а также разницу в компрессии по цилиндрам.

Если компрессия в цилиндрах двигателя ниже установленной изготовителем, или разница в компрессии между цилиндрами превышает допустимую (как правило – более чем 1 кг/см), то из данного факта следует, что требуется ремонт цилиндро-поршневой группы двигателя, а от оценки технического состояния СУД следует на данном этапе отказаться.

Различные модели компрессометров различаются по величине измеряемого давления (для бензиновых и дизельных двигателей), а также по количеству адаптеров для подключения к различным типам двигателей в зависимости от формы и размеров свечного отверстия.

Существуют также компрессографы, которые записывают результаты измерений на сменные карточки, что даёт возможность провести более точный анализ состояния цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма по характеру нарастания давления в цилиндре.

Комплект для измерения давления топлива.

Представляет собой манометр с краном и комплект адаптеров для подключения к топливным системам различных марок и моделей автомобилей. Он применяется для проверки элементов топливно-эмиссионной системы (бензонасос, регулятор давления, топливные магистрали, форсунки и т.д.). Основной особенностью комплектов является то, что манометр подключается параллельно и не нарушает работоспособность топливно-эмиссионной системы в целом, а это позволяет проводить измерения на работающем двигателе. Особое внимание при этом следует обратить на обеспечение герметичности всех соединений, так как попадание топлива на сильно нагретые участки двигателя (выхлопной коллектор, выхлопная труба и т. д.) может привести к пожару.

Газоанализатор.

Представляет собой электронно-оптический прибор для измерения объёмной доли компонентов в отработавших газах двигателя.

Газоанализаторы бывают 1,2,3,4,5-компонентные. Измеряемые компоненты выхлопных газов: CO, CH, CO₂, O₂, NO_x. Мы знаем, что все современные бензиновые автомобили (за исключением автомобилей с непосредственным впрыском топлива в цилиндры и послойным распределением смеси) на установившихся режимах (кроме режима полной нагрузки) должны работать при стехиометрическом соотношении воздух / топливо (Лямбда равна 1). Причём точность поддержания этого соотношения достаточно высока (Лямбда = 0,97-1,03). Лямбда – это интегральный параметр, позволяющий оценить качество рабочей смеси. А качество сгорания смеси можно оценить по составу отработавших газов. Для задач диагностики правильным будет использовать 4 и 5-компонентные газоанализаторы, причём те, которые способны рассчитывать коэффициент Лямбда:

$$I = \frac{[\text{CO}_2] + \frac{[\text{CO}]}{2} + [\text{O}_2] + \left\{ \frac{H_{CV}}{4} \cdot \frac{3,5}{3,5 + \frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2]}} - \frac{O_{CV}}{2} \right\} \cdot ([\text{CO}_2] + [\text{CO}])}{\left(1 + \frac{H_{CV}}{4} - \frac{O_{CV}}{2} \right) \cdot ([\text{CO}_2] + [\text{CO}] + K_1 \cdot [\text{HC]}}$$

Таким образом, мы видим, что для расчёта коэффициента Лямбда необходимо измерить 4 компонента: CO, CH, CO₂, O₂. Если в распоряжении диагноста имеется 4-компонентный газоанализатор но без вычисления Лямбда, то рассчитать его вручную в

режиме реального времени проблематично. Соответственно отсутствует возможность оперативно оценить качество рабочей смеси.

Вывод: двухкомпонентные газоанализаторы для работы на СТО не годятся.

Рассмотрим устройство и принцип работы на примере газоанализатора DIAGAZ.

Прибор состоит из системы пробоотбора и пробоподготовки, блока измерительного (БИ) и блока электронного (БЭ).

Конструктивно газоанализатор выполнен в металлическом корпусе, предназначенном для установки на горизонтальной поверхности (столе). Система пробоотбора и пробоподготовки газоанализатора включает газозаборный зонд,

пробоотборный шланг, фильтр-влажнотделитель N 204-F 10, фильтр грубой очистки GB -202, фильтр тонкой очистки ОВ-702, электроклапан трехлинейный двухпозиционный, побудитель расхода газа 2-х камерный, тройник, 2 пневмосопротивления, электроохладитель, кювету, датчик кислорода.

Слив конденсата, выделяемого в фильтре-влажнотделителе, происходит через штуцер СК.

Принцип действия датчиков объемной доли (СО, СОг, углеводородов) - опτικο-абсорбционный.

Принцип действия датчика измерения концентрации кислорода - электрохимический.

Принцип действия датчика частоты вращения коленчатого вала основан на индуктивном методе определения частоты импульсов тока в системе зажигания.

Блок измерительный содержит оптический блок, в котором имеются излучатель, измерительная кювета, фокон, пироэлектрический приемник излучения.

Излучение модулируется обтюратором, в котором размещены интерференционные фильтры.

Оптическая и газовая схемы прибора приведены на рис. В. 1.

В измерительном блоке также размещен электрохимический датчик кислорода.

Блок электронный предназначен для измерения выходных сигналов первичных преобразователей газоанализаторов ДИАГАЗ, обработки и представления результатов измерения.

Газоанализатор ДИАГАЗ содержит:

- блок питания постоянного тока напряжением (12+2,8-1,2) В;
- блок питания переменного тока напряжением (220+22/-33) В, частотой (50 ±1) Гц.,
- блок предварительного усиления сигнала пироэлектрического приемника;
- микропроцессорный контроллер, в том числе выполняющий функцию измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- 6 светодиодных индикаторов;
- клавиатуру;
- датчик температуры;
- датчик абсолютного давления;
- цифровой выход для связи с компьютером через разъем RS 232.

Клавиатура содержит кнопки : (нумерация с левого края) 1,2,3 ,4,5 Газоанализатор имеет следующие режимы работы, заложенные в меню контроллера:

- измерение
- выбор параметров для настройки.

МЕНЮ контроллера содержит следующие регулируемые параметры:

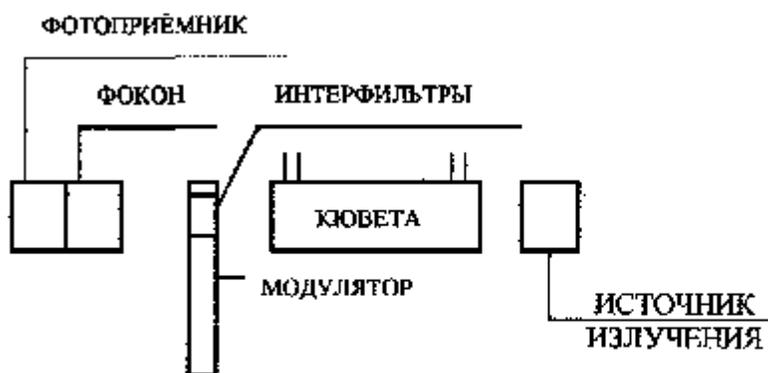
СО- усиление;
СО- нелинейность;
СН-усиление;
СН- елинейность.

СО₂ - усиление;
СО₂ - нелинейность;
О₂ - усиление;
О₂- нелинейность;

Анализируемый газ поступает в анализируемую кювету, где определяемые компоненты, взаимодействуя с излучением, вызывают его поглощение в соответствующих спектральных диапазонах. Потоки излучения характерных областей спектра выделяется интерференционными фильтрами и преобразуется в электрические сигналы, пропорциональные концентрации анализируемых компонентов. Электрохимический датчик при взаимодействии с кислородом выдает сигнал, пропорциональный концентрации кислорода. Величина λ вычисляется газоанализатором автоматически по измеренным СО,СН,СО₂ и О₂.

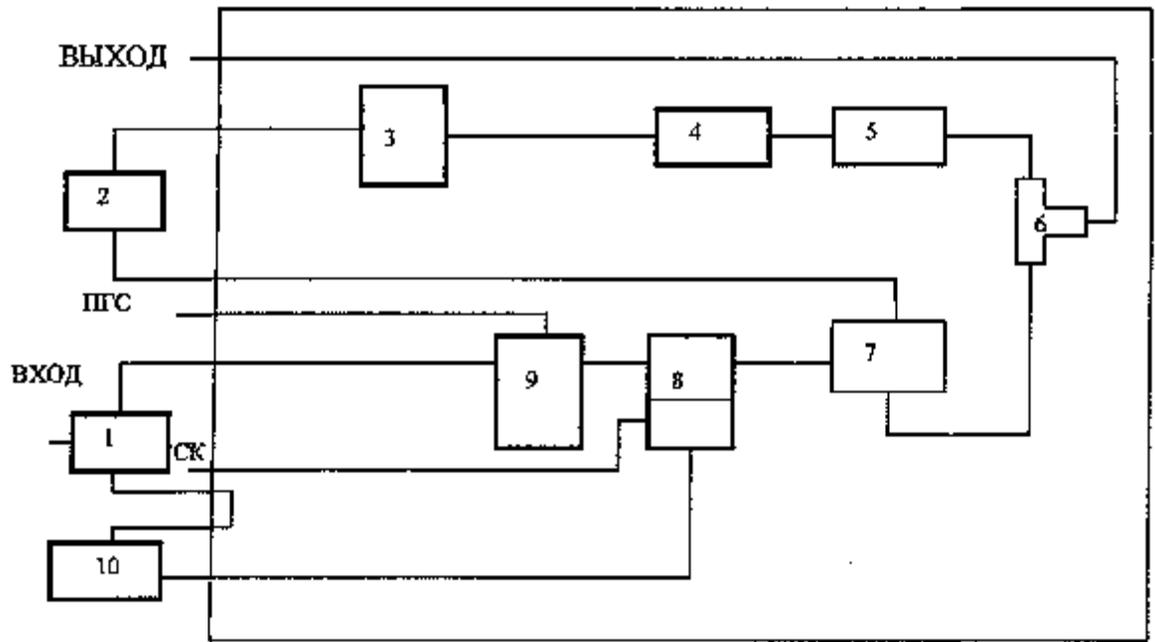
Анализируемый газ из выхлопной трубы автомобиля поступает в газозаборный зонд, снабженный зажимом для закрепления последнего на выхлопной трубе автомобиля. Из зонда газозаборного проба газа проходит по поливинилхлоридной трубке через фильтр-влагоотделитель, электроклапан трехлинейный двухпозиционный, камеру побудителя расхода (насоса), электрохолодильник, два фильтра тонкой очистки (один из них внутри прибора) и поступает в кювету и датчик кислорода, откуда через тройник выбрасывается на выход. Основная часть конденсированной влаги из фильтра-влагоотделителя проходит через фильтр грубой очистки.камеру побудителя расхода и удаляется через штуцер СК . Некоторая часть конденсированной влаги непрерывно автоматически удаляется из электрохолодильника побудителем расхода через тройник за пределы прибора через штуцер ВЫХОД.

Продувка прибора воздухом в автоматическом режиме осуществляется через штуцер ПГС.



а)

Рис 3.1.4 Оптическая схема газоанализатора.



б)

Рис 3.1.5 Газовая схема газоанализатора.

1- фильтр-влажнотделитель, 2,3- фильтр тонкой очистки, 4- кювета,5- датчик кислорода ,6-тройник, 7-электрохолодильник, 8-побудитель расхода, 9- электроклапан, 10- фильтр грубой очистки.

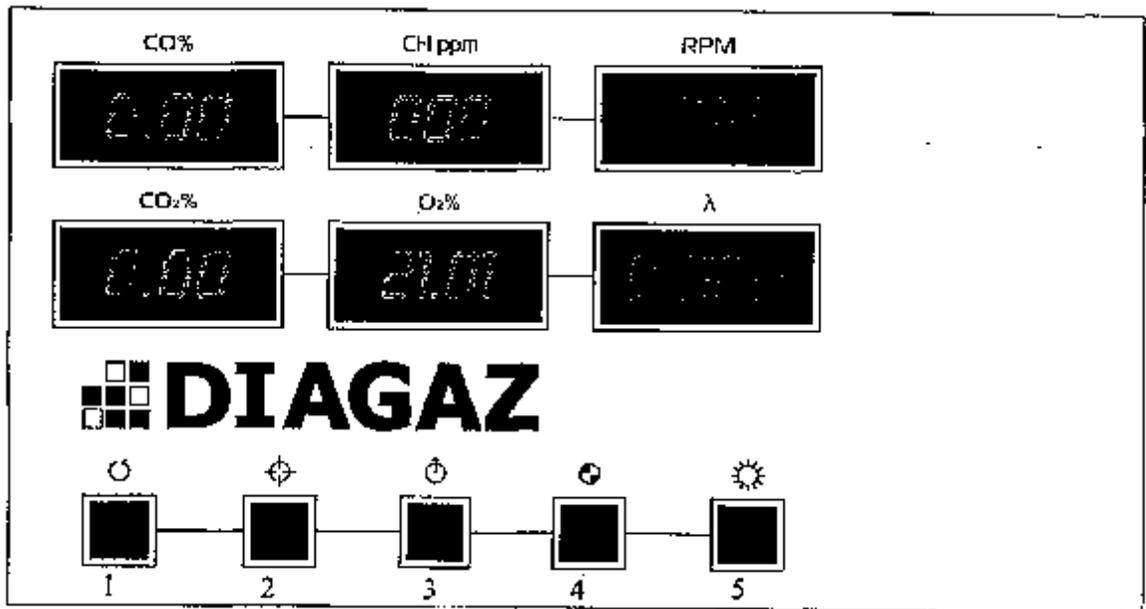


Рис 3.1.6 Вид спереди

Современные газоанализаторы высокого класса, кроме надёжности и удобства в работе, имеют множество дополнительных функций. Они могут измерять частоту вращения коленчатого вала двигателя, температуру масла, а также запоминать промежуточные протоколы измерений и передавать результаты на персональный компьютер или печатать их на встроенном принтере.

Очень важным с точки зрения эксплуатационника качеством газоанализатора является его надёжность. Поскольку, по своему устройству газоанализатор – сложный электронный прибор отремонтировать его своими силами, как правило, невозможно и приходится обращаться на фирменный сервисный центр, что крайне неудобно, поэтому при выборе модели газоанализатора следует обращать внимание на его защищённость от внешних воздействий и наличие блока предварительной подготовки газов.

Мотор-тестеры.

Мотор-тестеры это универсальные электронные приборы, предназначенные для проведения измерений параметров работы двигателя. Параметры измеряются с помощью специальных датчиков и пробников, входящих в комплект прибора. Как правило, мотор-тестеры позволяют измерять следующие параметры:

- частота вращения коленчатого вала;
- температура масла;
- напряжение аккумулятора;
- напряжения в первичной и вторичных цепях системы зажигания;
- пульсации напряжения генератора;
- ток стартера;
- ток генератора;
- угол замкнутого состояния контактов;
- время накопления и ток размыкания в первичной цепи катушки зажигания;
- частоту, длительность и скважность импульсов,
- угол опережения зажигания;
- величину разрядки/давления во впускном коллекторе.

Обычно мотор-тестер в своём составе имеет цифровой осциллограф, представляющий измеряемые величины (ток, напряжение, частота вращения коленчатого вала, разрядка и т.д.) в графическом виде, а также в виде гистограмм. Некоторые мотор-тестеры имеют возможность записи кадров изображения в память прибора для последующего сравнения и анализа. Настройка параметров развёртки осциллографа производится автоматически при выборе режима измерений. Цифровой осциллограф - это мощный инструмент в руках опытного диагноста. Например, по форме осциллограммы во вторичной цепи зажигания можно выявить неисправные элементы тракта (свечи зажигания, высоковольтные провода, крышка распределителя...) и даже отклонения состава смеси в цилиндрах.

На некоторых мотор-тестерах (DSN-PRO) реализован также режим имитации сигналов датчиков.

Мотор-тестеры условно можно разделить на три группы: большие или консольные, средние и портативные.

Консольные мотор-тестеры (SUN, DASPAS) - это стационарные устройства, выполненные на базе персональных компьютеров, в котором датчики, как правило, располагаются на специальной поворотной консоли. Эти мотор-тестеры имеют большое количество измерительных входов, позволяющих проводить измерения нескольких однотипных параметров одновременно и анализировать их с помощью многоканального осциллографа.

Например, в режиме проверки запуска двигателя проверяются: изменения напряжения на клеммах 1 и 15 катушки зажигания и клеммах аккумуляторной батареи, обороты, развиваемые стартером, ток потребления стартера, а также величина разрядки во впускном коллекторе.

Принципиальное отличие мотор-тестеров высшей группы сложности состоит в реализации некоторых специальных функций, таких как:

- измерение относительной компрессии по цилиндрам;
- измерение мощностного баланса цилиндров;
- наличие встроенной базы данных заводских допусков измеряемых параметров для различных моделей двигателей автомобилей;
- наличие экспертной системы, анализирующей результаты измерений (в случае полного заполнения протокола измерений). Экспертная система подсказывает также возможные пути поиска неисправностей.

Следует отметить, что функции измерения относительной компрессии и мощностного баланса могут быть реализованы в полном объёме только на автомобилях с механическим распределителем зажигания, а поскольку в настоящее время такие системы практически не применяются, то эти режимы утратили своё практическое значение.

Косвенно мощностной баланс цилиндров можно оценить по неравномерности вращения коленчатого вала двигателя.

В состав мотор-тестеров высшей группы сложности входит 4 или 5-компонентный газоанализатор. Результаты его измерений тоже используются анализирующей программой.

Мотор-тестеры средней группы сложности отличаются от консольных отсутствием базы данных, анализирующей программы, а также меньшим количеством измерительных входов и режимов измерений. Например, может отсутствовать режим измерения разряжения во впускном коллекторе или, вместо многоканального, встроен одноканальный осциллограф.

Портативные мотор-тестеры по своим функциям аналогичны, а иногда и превосходят мотор-тестеры среднего класса. Они выполняются в виде переносных устройств с жидкокристаллическим экраном. Питание приборов осуществляется от сети 220В или бортовой сети автомобиля, что позволяет их использовать даже в «полевых условиях». Для более качественного отображения и анализа результатов измерений портативные мотор-тестеры имеют возможность передавать данные на персональный компьютер, или непосредственно на принтер для распечатки. Возможно также сопряжение с газоанализатором через персональный компьютер. Многие производители ввиду большой конкуренции стремятся оснастить свои приборы оригинальными режимами анализа. Например, статистический анализ изменений параметров работы высоковольтного тракта для различных режимов работы двигателя.

Сканеры.

Для изучения автомобильных сканеров потребуется небольшое отступление для рассмотрения функции электронных блоков управления автомобилями (ECU).

С момента появления первых ECU в них была реализована функция самодиагностики, т. е. возможность выявления неисправностей в датчиках и исполнительных устройствах СУД. В случае выявления неисправности ECU переходит в «аварийный» режим работы, не принимая в расчёт информацию от данного датчика, но обеспечивая работу двигателя. При этом на панели водителя высвечивался предупредительный сигнал «CHECK ENGINE» и код ошибки записывался в память ECU.

Чтобы прочитать значения этого кода применялся так называемый протокол «медленных кодов». Производя определённые манипуляции (перемычка, кнопка) можно было перевести ECU в режим чтения кодов ошибок и тогда, по комбинации загораний контрольной лампочки, считывался соответствующий код.

В настоящее время большинство ECU работает на «быстрых кодах» при которых считывание информации с ECU возможно только специальными приборами – сканерами.

Сканер подключается к диагностическому разъёму автомобиля и как бы вступает в диалог с ECU. Порядок обмена информацией между сканером и ECU определяется изготовителем ECU и называется протоколом.

Следует отметить, что сканер может получить только ту информацию, которую ему может передать ECU.

Наиболее полную информацию можно получить используя протокол изготовителя, однако поскольку таких протоколов очень много, то было принято международное соглашение об использовании единого стандарта в считывании информации с ECU. Этот стандарт получил наименование OBD-2 и уже применялся на некоторых моделях автомобилей, а с 2000 года выпуска применяется на всех.

Протокол OBD-2 не заменяет в полном объёме протоколы изготовителя, однако позволяет в усечённом виде получать информацию от ECU. В частности это чтение кодов ошибок и получение информации о работе СУД в реальном масштабе времени.

Об устройстве и возможностях различных видов сканеров остановимся ниже, а сейчас определимся с тем, что считает ошибкой в работе датчика ECU.

Для примера рассмотрим анализ работы ECU датчика температуры охлаждающей жидкости.

По своей физической сути датчик температуры охлаждающей жидкости – терморезистор, который изменяет своё сопротивление в зависимости от температуры.

С сигнального провода датчика температуры охлаждающей жидкости снимается напряжение, которое поступает на определённую ножку разъёма ECU. В дальнейшем сигнал преобразовывается в двоичный код и принимается к расчёту как один из аргументов функции управления. Прежде чем принять данный сигнал к расчёту, ECU сравнивает его со значениями предельных уровней т. е. максимум и минимум допустимый для данного сигнала, записанного в памяти ECU. Если значение сигнала вписывается в эту «вилку», то датчик считается исправным, а сигнал от него принимается к расчёту.

Представим себе ситуацию, когда сигнальный провод оторвался от датчика. В этом случае на ножку ECU сигнал не поступит (напряжение – 0V). Такое значение находится за нижним пределом допустимого и ECU выдаёт сигнал об ошибке «Неисправность датчика температуры», хотя на самом деле датчик исправен, а проблема заключается в обрыве линии связи.

Теперь рассмотрим другую ситуацию - окислился контакт на сигнальном проводе датчика температуры. Соответственно, в месте контакта резко повысилось сопротивление, а как следствие этого уровень напряжения сигнала, дошедшего до ножки ECU, будет ниже, чем он должен быть при данной температуре двигателя. Если при этом уровень сигнала впишется в «вилку» минимум-максимум то датчик считается исправным, а сигнал от него достоверным и будет принят к расчётам, что повлечёт за собой нарушения в работе СУД.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- наличие ошибок не является достаточной информацией, чтобы сделать заключение о техническом состоянии датчика, или исполнительного устройства;
- отсутствие ошибок не является однозначным критерием для заключения об исправном состоянии СУД.

Более полную информацию о работе сигнальных и исполнительных трактов СУД можно получить, используя сканер в режиме отображения работы СУД в реальном масштабе времени.

Возвращаясь к рассмотренному нами случаю окисленного контакта датчика дефект можно было выявить, сравнив показания значения температуры двигателя, полученной сканером от ECU, и фактической температурой двигателя, измеренной другим способом (термометр).

Сканеры.

Электронные устройства на базе микропроцессоров, позволяющие считывать информацию в цифровом виде из памяти ECU.

Они подключаются к диагностическому разъёму автомобиля.

В зависимости от исполнения они позволяют:

- считывать из памяти коды ошибок,
- классифицировать их на текущие и запомненные,
- расшифровывать коды в текстовом виде,
- отображать интерпретацию ECU текущих значений сигналов от датчиков и расчётных величин,
- активизировать некоторые исполнительные элементы системы управления двигателем (форсунки, регулятор холостого хода, клапан продувки адсорбера...),
- перезаписывать в память ECU значение некоторых коэффициентов (например, коэффициент коррекции топливоподачи и величину сдвига УОЗ на режиме мощностного обогащения).

Возможности, сканера, как уже было сказано выше, принципиально ограничены возможностями системы самодиагностики, заложенной при разработке ECU. Поэтому на автомобилях ранних годов выпуска возможности сканера даже дилерского уровня ограничиваются чтением и расшифровкой кодов неисправностей.

Применение сканеров более целесообразно на автомобилях последних годов выпуска, в которых возможности самодиагностики ECU более широки.

Ещё одной функцией сканера является обнуление межсервисных интервалов.

Применяемость сканеров определяется протоколом обмена. Например, все автомобили группы VAG имеют одинаковый протокол обмена между ECU и сканером. Поэтому для диагностики любого автомобиля этой группы (VW, Audi, Seat, Skoda) достаточно иметь один сканер. Стремление сделать сканеры универсальными привело к появлению сканеров со сменными картриджами и переходниками для разных диагностических разъёмов.

После введения стандарта OBD-II все американские и большинство европейских производителей устанавливают на автомобиле одинаковый диагностический разъём. Протокол OBD-II позволяет считывать те параметры, которые непосредственно влияют на безопасность и токсичность отработавших газов. При этом протокол обмена производителя, как уже отмечалось, позволяет считывать гораздо большее количество данных.

Конструктивно сканеры различаются на аппаратные и программные.

Аппаратные представляют собой электронный прибор, имеющий клавиши управления и экран для отображения информации.

Программные состоят из программы, устанавливаемой на персональный компьютер, и адаптера для преобразования сигналов ECU к сигналам доступным к обработке на персональном компьютере. Пример аппаратного сканера ДСТ-2М, программного – комплект МТ-2.

Комплексные технические средства диагностики СУД.

В последнее время появилось большое количество приборов, которые сочетают в себе возможности различных технических средств диагностики СУД.

Как уже отмечалось выше в состав некоторых мотор-тестеров входит газоанализатор (SMP-4000).

В качестве ещё одного комплексного средства можно привести прибор DCN-PRO.

Основные режимы работы прибора:

- сканер для всех типов японских и корейских производителей, а также для автомобилей, поддерживающих стандарты OBD-2;
- 4-х канальный осциллоскоп;
- анализатор систем зажигания для автомобилей с механическим распределителям зажигания и с системами зажигания DIS;
- 2-х канальный мультиметр;
- имитатор сигналов датчиков по частоте и напряжению.

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что для создания и полноценного функционирования поста диагностики на СТО необходимо укомплектовать его различными техническими средствами, обеспечивающими измерение и анализ основных параметров работы двигателя.

Комплект приборов может варьироваться по составу и предусматривать возможность дополнения, но при этом оставаться необходимым для работы поста диагностики СТО.

Тема № 4

Диагностирование СУД с использованием технических средств диагностики.

Лекция №1

Диагностирование СУД с использованием технических средств диагностики.

Учебные вопросы:

3. Диагностирование СУД с использованием сканеров.
4. Диагностирование СУД с использованием мотор-тестеров.
5. Диагностирование СУД с использованием газоанализаторов.
6. Использование информационно-справочных систем.

Диагностирование СУД, или всего двигателя в целом имеет конечной целью оценку его технического состояния, а на основании этой оценки принимается решение о том, требуется ли какое-либо вмешательство для восстановления работоспособности (ремонт).

Схематично процесс диагностирования можно разбить на следующие этапы:

1. Сбор информации о техническом состоянии двигателя и СУД.
2. Локализация на основе анализа информации неисправности (если она имеется) на уровне подсистемы или подсистем.
3. Поиск дефекта до уровня узла (датчик, исполнительный механизм, линия связи).

В процессе сбора информации следует стремиться к получению её в максимально возможном объёме. При этом не стоит пренебрегать таким способом как опрос владельца автомобиля. Так, например, если владелец жалуется на повышенный расход топлива, а это явление начало его беспокоить после замены ремня ГРМ, то этот факт следует расценить какстораживающий и проверить правильность установки ремня, что, возможно, позволит сократить время поиска неисправности.

Рассмотрим основные способы диагностирования СУД с использованием технических средств.

1. Диагностирование СУД с использованием сканеров.

Сканеры являются мощным средством диагностики, позволяющими получать большое количество информации о работе СУД.

В общем виде, работу со сканерами можно разбить на следующие этапы:

1. Подключение прибора к диагностическому разъёму автомобиля.
2. Выбор соответствующей марки и модели автомобиля в меню прибора.
3. Установление связи прибора и ECU автомобиля.
4. Определение комплектации системы управления автомобиля.
5. Получение информации о состоянии систем автомобиля во всех режимах, предусмотренных производителем автомобиля и возможностями сканера.

Поскольку, в настоящее время существует большое количество как программных, так и аппаратных сканеров рассмотрим один из них (аппаратный) для того, чтобы понять основные принципы диагностирования СУД с их помощью.

Диагностирование СУД с использованием аппаратного сканера рассмотрим на примере комплексного прибора **DCN PRO**.

Сканирование/диагностирование автомобилей, оснащенных электронными блоками управления – основная функция DCN PRO. В этом режиме, напрямую связываясь с электронным блоком управления автомобиля, DCN PRO выполняет:

- Чтение кодов ошибок;
- Отображение сигналов датчиков (Data Stream) как в цифровом, так и в графическом виде;
- Отображение сигналов датчиков и рекомендации по устранению неисправностей;
- Корректурa управляющих сигналов;
- Стирание кодов ошибок;
- Запись информации о работе системы управления в режиме «Чёрный ящик»

Подсоединение кабелей.

Для работы прибора необходимо подключить питание (через прикуриватель, или от аккумулятора автомобиля).

Подключить к основному кабелю прибора соответствующий адаптер, а адаптер подключить к диагностическому разъёму автомобиля (Рис. 4.1).

При работе через разъём стандарта OBD-2 подключение питания не требуется, так как прибор будет получать питание через этот разъём.

Место нахождения диагностического разъёма может быть разным.

Обычно он находится под приборным щитком, иногда под перчаточным ящиком сиденья пассажира или в моторном отделении.

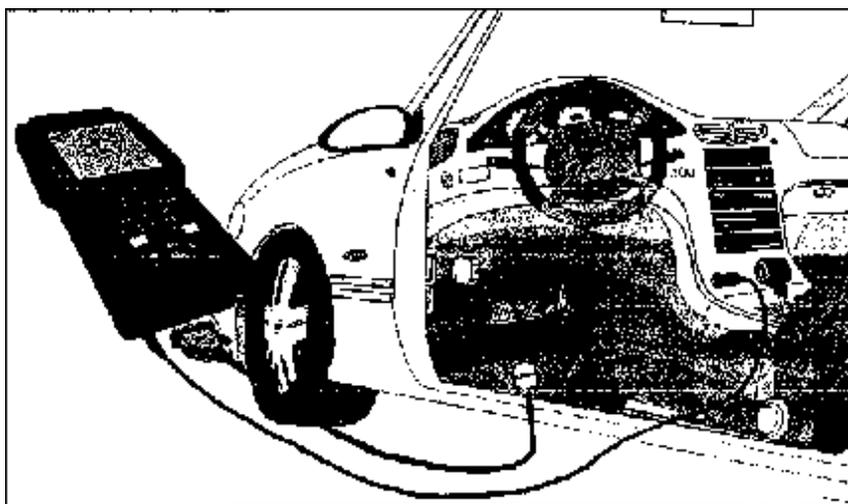
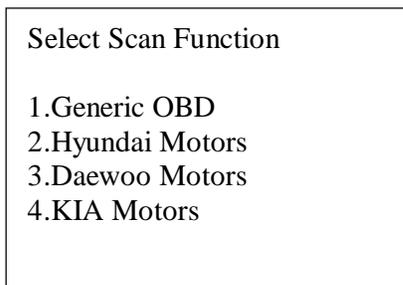


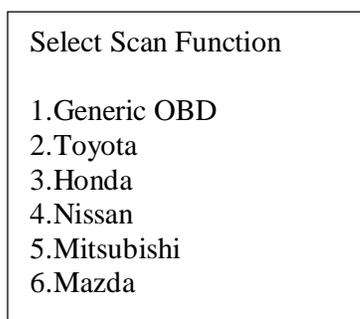
Рисунок 4.1.

После того как прибор переведён в режим сканера на дисплее появится меню:



(картридж для корейских автомобилей)

или меню:



(картридж для японских автомобилей)

Как мы видим в обоих случаях присутствует стандарт OBD, поэтому для работы в этом стандарте нет необходимости менять картридж.

Для примера рассмотрим работу прибора с автомобилями корейского производства.

Выбор модели автомобиля.

DCN PRO выводит на экран меню выбора производителя. Выбор осуществляется нажатием соответствующего номера или 'ENTER' после помещения высвеченной строки в нужном месте посредством клавиш '↑' и '↓' (эта процедура выбора в меню действует для всех других меню).

| Select Vehicle Model |
|----------------------|
| 1.Hyundai Motors |
| 2.Daewoo Motors |
| 3.KIA Motors |
| 4.Ssangyong Motors |
| 5.Samsung Motors |
| 6.Black Record |
| Load/Erase |
| 7.PC Interface |

Для каждой операции дисплей разделен на 3 неравномерных окна:

- Окно заголовка: Наверху – Отображает текущую функцию или операцию.
- Главное окно: В середине – Отображает меню, результаты сканирования, данные и графики.
- Окно клавиш: Внизу – Отображает клавиши, применяемые в текущей операции.

В зависимости от выбора, DCN составляет список всех моделей автомобилей данного производителя.

Модели автомобилей, не показанные на дисплее, можно просмотреть, нажав клавиши 

| Select Vehicle Model |
|----------------------|
| 1.Excel |
| 2.Scoupe |
| 3.Elantra |
| 4.Sonata |
| 5.Grandeur |
| 6.Galloper |

В зависимости от сделанного выбора будет приведен детальный список марок автомобилей.

В приведенном выше примере пользователь выбирает Hyundai Excel
DCN PRO показывает список типов Hyundai Excel.

| Select Vehicle Model |
|----------------------|
| 1.Excel 1.5 Sohc |
| 2.Excel 1.5 Siemens |

Необходим расширенный список, т.к. каждая модель автомобиля требует различные протоколы связи с DCN PRO. Протоколы даже для одной и той же модели могут быть разными в зависимости от года выпуска модели.

Выбор проверяемой подсистемы.

Когда завершена процедура выбора машины, появляется меню выбора контролируемой подсистемы ('Control System Selection).

DCN PRO ждет команды пользователя, какая система будет тестироваться.

| |
|--|
| Select Vehicle Model |
| 1.Engine Control 2.Auto Transmission Control |

Когда выбрана система, DCN-PRO автоматически проверяет, может ли он связаться с ECU.

Выбор функций.

На экране появятся функции, которые DCN может выполнить для выбранной перед этим системы автомобиля.

Этот пример показывает, что выбран «Раздел контроля двигателя» ('Engine Control Unit') SONATA III 1.8 (1996).

| |
|---|
| Sonata III 1.8 Sohc |
| 1.Self Diagnosis 2.Service Data 3.Actuation Test 4.Blackbox Data |

DCN PRO выполняет следующие функции по диагностике.

Описание этих функций:

1. **Самодиагностика**, обнаружение и считывание кодов ошибок.
 - считывает коды ошибок из ECU;
 - отображает коды ошибок;
 - отображает на дисплее контуры соответствующего датчика;
 - предлагает руководство по устранению ошибок;
 - стирает код (ы) ошибок
2. Отображение сигналов датчиков и управляющих сигналов в реальном масштабе времени (**Data Stream**)
 - одновременно отображает сигналы датчиков;
 - показывает стандартное значение каждого датчика

- рисует графики данных (линии / точки)

3. **Корректировка управляющих сигналов**

Временно деактивирует или активирует исполнительные механизмы такие, как форсунки, механизм холостого хода, и топливный насос во время тестирования для того, чтобы пользователь мог оценить состояние каждого устройства.

Некоторые автомобили не поддерживают этой функции. Исполнительные механизмы бывают разными в зависимости от моделей автомобилей.

4. **Черный ящик.**

Записывает данные (current data, data stream, etc)' до 700 фрагментов до и после обнаружения кодов ошибок. Позднее пользователь может восстановить записанные данные для дальнейшего анализа.

Рассмотрим реализацию этих функций подробнее.

Считывание кодов ошибок.

Когда функция [1. Self Diagnosis] выбрана, DCN считывает и показывает на экране все коды ошибок из ECU. Когда вы нажмете клавишу [1] функционального меню, в зависимости от условий тестирования один из трех следующих результатов появится на экране.

| |
|-----------------|
| Self Diagnosis |
| No Trouble Code |

Коды ошибок не обнаружены.

| |
|--|
| Self Diagnosis |
| 13.A.T.S. 14.T.P.S. 21.W.T.S. (Circuit) 12.M.A.P. |
| Trouble Code: 4 |

Обнаружены коды ошибок.

| |
|---|
| Self Diagnosis |
| Communication Error! Check Cable or Connector |
| Trouble Code: 0 |

Обнаружена ошибка связи.

В случае ошибки связи проверьте следующее:

- 1) Проверьте подсоединение кабеля между DCN PRO и автомобилем. Неправильное подсоединение с любой стороны может вызвать ошибку связи.
 - 2) Проверьте, правильно ли вы выбрали модель автомобиля в меню.
 - 3) Проверьте наличие выбранного вами устройства.
 - 4) Проверьте, включено ли зажигание [ON].
 - 5) Повторите свои действия после нажатия клавиши [RESET].
- Нажмите клавишу [Esc], чтобы вернуться в функциональное меню.

Электросхема устройства

Для кодов ошибок корейских автомобилей в DCN PRO имеется электросхема датчиков и исполнительных устройств. Диаграмма показывает электрическую схему прибора и его подсоединение к ECU (Рис. 4.2).

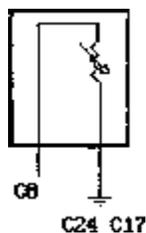


Рис. 4.2

Вы можете проверить схему, используя функцию мультиметра DCN PRO. Алфавитно-цифровые символы на диаграмме показывают число точек ECU.

| |
|--|
| 13. Air Temperature Sensor |
| C8 [Signal]: 0-5 (Varies with Temperature When Key On) C17,C24 [Ground]: 0V (When Key On) |

Если найден код ошибки, на экране появится стандартное значение, когда вы нажмете клавишу [HELP]. Снова нажмите клавишу [HELP] для просмотра электросхемы [Circuit Diagram]. Если вы еще раз нажмете [HELP], на экране появится руководство по устранению ошибок [Repair Guide].

При большом количестве кодов ошибок вы можете выбирать между кодами ошибок, используя клавиши [↑] и [↓].

Диаграмма некоторых частей может быть слишком сложной для ее размещения на ограниченном пространстве экрана. В этом случае будет показано только руководство по устранению [Repair Guide] без отображения электросхемы [Circuit Diagram].

Отображение сигналов датчиков и управляющих сигналов в реальном масштабе времени (Data Stream)

Если выбрана [2. Service Data] в функциональном меню [Function Selection Menu], то DCN PRO отображает данные всех датчиков сигналов переданные ECU как показано на иллюстрации.

| Service Data | |
|-----------------------------|-------|
| Oxygen Sensor | |
| 58 mV | |
| Mass Air Press Sensor | 946 |
| mmHg | |
| Air Temperature Sensor | - |
| 38 °C | |
| Throttle Position Sensor | |
| 19 mV | |
| Step Motor | 39.5% |
| Battery Voltage | |
| 11.3 V | |
| Ignition Signal | |
| off | |
| Coolant Temp. Sensor | - |
| 29 °C | |
| Engine RPM | 0 rpm |
| Idle Switch | off |
| Power Steering Switch | |
| off | |
| 1: Graph 2: Full Enter: Fix | |

На экране может быть отображено до 11 датчиков сигналов. Для того чтобы просмотреть наибольшее количество датчиков сигналов, просто прокрутите окно вверх или вниз, нажав клавиши [↑] и [↓].

Остановка/заморозка данных по датчику

Функция [Sensor Freeze] помещает данные по выбранному датчикуверху [главного] окна таким образом, что пользователь может проверять и сравнивать желаемые результаты непрерывно без прокручивания вверх-вниз. Эта функция была создана по многочисленным просьбам пользователей DCN . Эта функция отличается от функции 'Freeze Frame Data' для OBD2 автомобилей.

1) ШАГ ПЕРВЫЙ

Выберите нужный датчик с помощью клавиш [← →] и [↑↓].

2) ШАГ ВТОРОЙ

Нажмите клавишу [ENTER], чтобы заморозить выбранный датчик.

То есть когда выбраны и заморожены датчик O2 и датчик MAP, показание датчика будет находиться вверху экрана, как показано ниже (Рис 4.3).

| SERVICE DATA | |
|------------------------------|----------|
| OXYGEN SENSOR..... | 59 mV |
| MASS AIR PRESS SENSOR... | 946 mmHg |
| OXYGEN SENSOR..... | 58 mV |
| AIR TEMPERATURE SENSOR.. | -38 °C |
| THROTTLE POSIT'N SENSOR.. | 19 mV |
| STEP MOTOR..... | 39.5 g |
| BATTERY VOLTAGE..... | 11.3 V |
| IGNITION SIGNAL..... | OFF |
| COOLANT TEMP. SENSOR.... | -29 °C |
| ENGINE RPM..... | 0 rpm |
| 1: GRAPE 2: FULL ENTER : Fix | |

Рис. 4.3

3) ШАГ ТРЕТИЙ

Одновременно может быть заморожено до 5 датчиков. Например, если датчик времени впрыска, который высвечивается внизу экрана, выбран и заморожен, показания датчика времени впрыска будут находиться ниже показаний датчиков O2 и MAP (Рис 4.4).

| SERVICE DATA | |
|------------------------------|----------|
| OXYGEN SENSOR..... | 58 mV |
| MASS AIR PRESS SENSOR... | 946 mmHg |
| INJECTION TIME..... | 0.0 ms |
| ENGINE RPM..... | 0 rpm |
| IDLE SWITCH..... | OFF |
| POWER STEERING SWITCH... | OFF |
| AIR CONDITIONER SWITCH... | OFF |
| GEAR SHIFTER..... | R/D2 |
| ADVANCED SPARK ANGLE.... | 5 ° |
| AIR CONDITIONER RELAY... | OFF |
| 1: GRAPH 2: FULL ENTER : Fix | |

Рис. 4.4

Диаграмма данных

DCN PRO выполняет функцию [Data Graph] для более эффективного анализа результатов.

1) При нажатии клавиши [1] после высвечивания нужного датчика на экране появится диаграмма данных (илл. 2-18).

2) На экран вы можно вывести до 3 диаграмм, выбирая датчики так же, как и при процедуре [Sensor Freeze] – Нажмите клавишу [Enter] после высвечивания нужного датчика, затем нажмите [1]. При выборе более 4 датчиков на экране будут отображены диаграммы трех верхних датчиков.

3) Для каждой диаграммы данных на экран будут выводиться одновременно название датчика и его текущие показания (Рис 4.5).

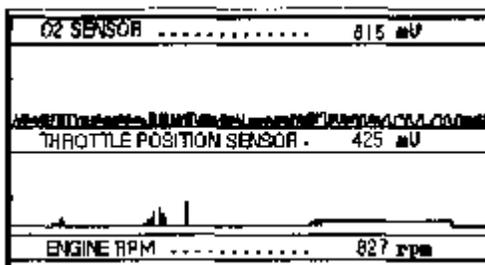


Рис 4.5

- 4) Для того чтобы изменить датчик, вернитесь в Service Data, нажав клавишу [Esc], и выберите нужный датчик.
- 5) Для того чтобы остановить выход диаграммы на экран, нажмите клавишу [ENTER]. Для возобновления работы снова нажмите [ENTER].

Измерение параметров управляющих сигналов

Функция изменения управляющих сигналов временно активирует или деактивирует определенный исполнительный механизм такой, как форсунка или механизм холостого хода таким образом, что пользователь может оценить состояние системы, наблюдая за реакцией на включение/выключение устройства. Некоторые автомобили старого выпуска не поддерживают эту функцию, которая может быть разной в зависимости от модели автомобиля.

А. Выбор меню

- 1) Выберите [3. ACTUATION TEST] в функциональном меню [Function Selection Menu].
- 2) Название тестируемого исполнительного механизма, метод и условия тестирования показаны на экране. Но они могут различаться в зависимости от автомобиля.

В. Начало тестирования

- 1) Выберите исполнительный механизм в меню, используя [↑] и [↓] (Рис 4.6).
- 2) После соблюдения всех условий нажмите [ENTER].

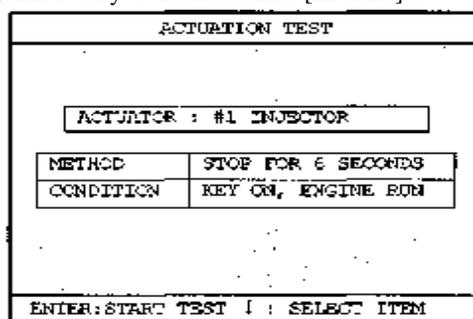


Рис 4.6

- 3) На экране появится сообщение [TESTING...] во время измерения параметров управляющих сигналов (Рис 4.7).

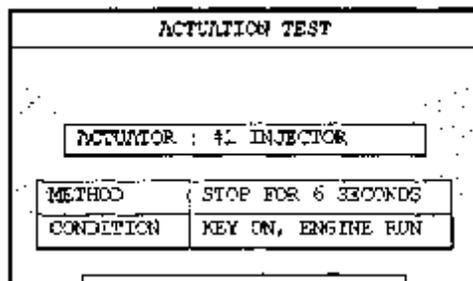


Рис 4.7

По завершении тестирования на экране появится сообщение [TEST COMPLETE] (Рис. 4.8). Вы можете выбрать другой исполнительный механизм, используя клавиши [↑] и [↓]. Для завершения тестирования нажмите [ESC].

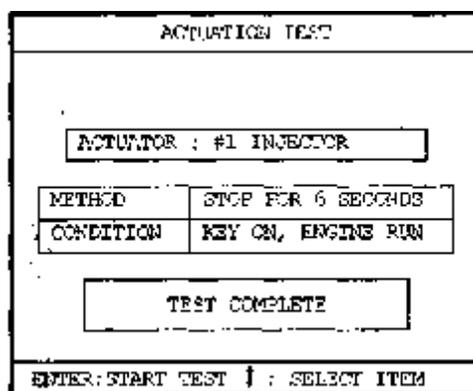


Рис. 4.8

Черный ящик.

Как и черный ящик в самолете, он 'записывает' данные автомобиля во время дорожных испытаний таким образом, что записанные данные могут быть восстановлены позже для глубокого анализа условий работы автомобиля.

Вместимость.

Во время тестирования фрагменты [Service Data] проходят на экране очень быстро, и их нельзя просмотреть, пока данные не сохранены. Благодаря расширенной памяти DCN PRO может записывать до 700 фрагментов Service Data для многих автомобилей.

Загрузив записанные данные, вы можете провести диагностику фрагментов данных по датчику один за другим, не пропуская ни одного критичного момента.

Выберите [#. Black Box Data] в функциональном меню [Function Selection Menu] (Рис 4.9).

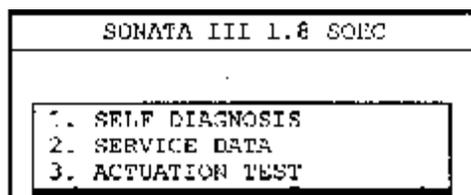
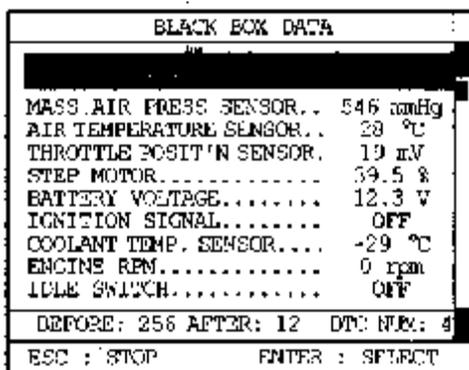


Рис 4.9

Запись данных

- 1) Нажмите [ENTER], чтобы начать запись данных.
- 2) DCN PRO проверяет наличие кодов ошибок. Если коды ошибок не обнаружены, то он начинает записывать 256 фрагментов непрерывно. Это называется режим «до кодов ошибок». Если с самого начала обнаруживаются коды ошибок, то DCN включает режим «после кодов ошибок», и записывает до 700 фрагментов данных.
- 3) Если код ошибок обнаруживается в режиме «до кодов ошибок», или при нажатии клавиши [ESC], то DCN PRO переходит к режиму «после кодов ошибок», записывая 444 фрагментов к ранее записанным 256 фрагментам режима «до кодов ошибок».
- 4) DCN записывает до 700 фрагментов до и после кодов ошибок. Когда число фрагментов достигает 700, он автоматически прекращает запись (Рис 4.10).



| BLACK BOX DATA | |
|----------------------------------|----------|
| MASS AIR PRESS SENSOR.. | 546 mmHg |
| AIR TEMPERATURE SENSOR.. | 28 °C |
| THROTTLE POSIT'N SENSOR.. | 19 mV |
| STEP MOTOR..... | 39.5 % |
| BATTERY VOLTAGE..... | 12.3 V |
| IGNITION SIGNAL..... | OFF |
| COOLANT TEMP. SENSOR.... | -29 °C |
| ENGINE RPM..... | 0 rpm |
| LELE SWITCH..... | OFF |
| BEFORE: 256 AFTER: 12 DTC NUM: 4 | |
| ESC : STOP ENTER : SELECT | |

Рис 4.10

Таким образом, в результате проведённых действий при помощи сканера получено большое количество информации о работе систем управления автомобилем, которая используется в дальнейшем для анализа технического состояния и принятия решения о дальнейших действиях.

Однако, как уже отмечалось выше эта информация не является исчерпывающей и требует дополнения другими средствами.

2. Диагностирование СУД с использованием мотор-тестеров.

Возможности применения мотортестеров для диагностирования СУД рассмотрим на примере некоего абстрактного прибора в котором реализованы основные режимы:

1. Анализатор систем зажигания.
2. Осциллоскоп.
3. Мультиметр.

Рассмотрим эти режимы подробнее.

В результате работы анализатора системы зажигания могут быть получены (в зависимости от возможностей прибора и конструктивных особенностей системы зажигания):

- осциллограмма напряжения первичной и вторичной цепи системы зажигания;
- гистограммы пробивных напряжений и времени горения искры;
- цифровые значения пробивных напряжений и времени горения искры;
- информация об угле замкнутого состояния контактов и угле опережения зажигания.

Особое значение имеет правильный анализ результатов проверки системы зажигания.

Рассмотрим основные формы полученных сигналов и их анализ.

На рисунке 4.2.1 приведены осциллограммы первичной и вторичной цепи системы зажигания.

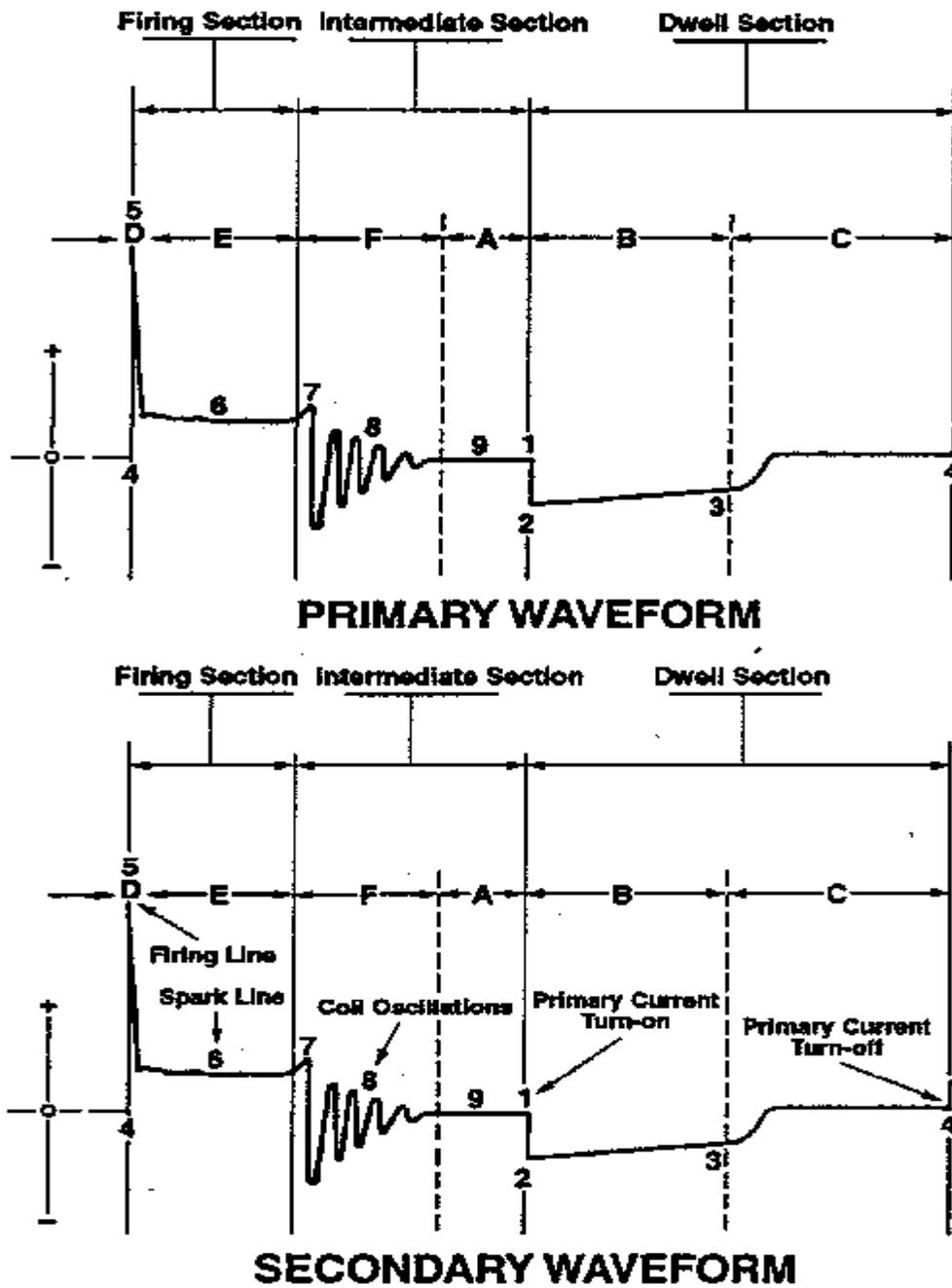


Рис. 4.2.1. Осциллограммы первичной и вторичной цепи системы зажигания.

Анализ осциллограмм.

Анализ осциллограмм первичной и вторичной цепи системы зажигания включает в себя оценку взаимного влияния цепей.

Осциллограммы имеют отдельные участки, которые отображают определенные взаимодействия, имеющие место в системе зажигания.

Осциллограммы имеют три основных участка.

Участки помечены на осциллограммах:

- участок горения (Firing Section);
- участок затухания, переходной участок (Intermediate Section)
- участок подготовки, накопления энергии (Dwell Section)

Участки также пронумерованы (от 1 до 9) чтобы идентифицировать их местоположение на осциллограмме для последующего описания действия системы зажигания.

Описание осциллограмм системы зажигания.

На рисунке 4.11 графически показаны все участки работы системы зажигания как первичной, так и вторичной цепи.

Осциллограммы начинаются участком воспламенения (4), проходят все стадии действия системы зажигания, и заканчиваются с началом следующего участка воспламенения (4).

Однако фактический цикл воспламенения для цилиндра должен рассматриваться от момента подачи питания на катушку зажигания

Промежуточный участок – А.

В точке 9 на осциллограмме тока в первичной цепи нет. Ток не будет течь, пока модуль зажигания не получит сигнал от поворота коленчатого вала.

Участки В и С.

От точки 1 до точки 4, модуль зажигания подаёт напряжение на первичную обмотку катушки зажигания, через которую начинает протекать ток. Этот ток создаёт магнитное поле, пересекающее первичную и вторичную обмотки катушки. В точке 4, модуль выключает ток в ответ на сигнал от генератора.

Физические свойства катушки определяют её сопротивление внезапным изменениям тока, так что требуется некоторое время для того, чтобы ток достиг своего максимального уровня. Это обозначено колебаниями после точки 2 на осциллограмме. В начальной стадии, магнитное поле в катушке зажигания начинает расти. В результате этого роста, напряжение с противоположной полярностью и небольшой энергией вырабатывается во вторичной обмотке. Поскольку, ток в первичной обмотке подходит к своему максимальному значению, рост магнитного поля замедляется. Это может быть замечено постепенным ослаблением колебаний (В). Первичный ток катушки достигает своего максимального уровня, называемого "насыщенность катушки" (С).

Некоторые системы зажигания могут включать функцию ограничения максимального тока.

Электронное ограничение тока используется, чтобы предотвратить чрезмерное текущее напряжение в транзисторе переключения в модуле зажигания.

Участки воспламенения - D и E.

В точке 4 происходит отключение тока от первичной обмотки катушки и магнитное поле, которое создалось вокруг первичных и вторичных обмоток катушки в течение подготовительного периода быстро сворачивается. Относительное движение магнитных линий поперек обмоток катушки генерирует напряжение, и в первичных и во вторичных

обмотках. В результате возникает низкое напряжение в первичной обмотке и высокое вторичное напряжение для создания искры. Высокое, произведенное напряжение называется вторичным напряжением.

В момент ионизации (точка 5), напряжение понижается немедленно. Это снижение - емкостная часть дуги искры, которая зажигает воздушную/топливную смесь, чтобы начать процесс сгорания.

После ионизации, большинство остающейся энергии катушки расходуется на ток, протекающий между электродами свечи зажигания. Это - индуктивная часть дуги искры. Визуально это выглядит как вспышка, и это идентифицировано на осциллограмме как линия горения искры (6). Линия соединяет промежуток по довольно низкому уровню постоянного напряжения от 1kV к 4kV. Для остающейся энергией становится все более трудным поддерживать искру. Когда напряжение катушки уменьшено до уровня напряжения линии горения искры, искра гаснет. Увеличенное сопротивление проявляется на осциллограмме как повышение на линии горения искры к точке 7. Линия горения искры охватывает период между точками 5 и 7. Этот период упомянут как продолжительность горения искры.

Напряжение поддержания искры изменяется. Это обозначено "биениями" на линии горения искры. Изменения – результат изменения сопротивления воздушного промежутка между электродами свечи (давление, температура, турбулентность, и т.д.).

В богатой воздушно-топливной смеси, есть большее количество газовых молекул в камере сгорания, которые очень плотно упакованы. Так, когда искра зажигает некоторые молекулы, они в свою очередь зажигают другие, и это продолжается, пока сгорание не закончено.

Двигатели с впрыском топлива разработаны, чтобы работать на более бедной воздушно-топливной смеси. Плотность газовых молекул более редка, и это более трудно для молекул, чтобы зажечь друг друга. Искра между электродами должна быть поддержана для полного сгорания.

Промежуточный участок – F

На промежуточном участке (F), остаток от энергии катушки воспламенения рассеян. После того, как искра погасла, от точки 3 до точки 5 идут постепенно уменьшающиеся колебания в форме волны (8). Это - результат неиспользованного тока, текущего сначала в одном направлении, а затем в другом, из-за индуктивно-емкостного эффекта катушки и вторичных компонентов.

Описание осциллограммы системы зажигания с механическим прерывателем.

Осциллограммы первичного и вторичного напряжения для систем зажигания с механическим прерывателем подобны осциллограммам электронных систем зажигания. Главное различие - то, что колебания появляются на линии искры (6) первичной цепи. Это происходит, потому что системы с механическим прерывателем имеют первичные обмотки катушки зажигания, непосредственно связанные со вторичными обмотками, и конденсатор используется в цепи первичной обмотки системы, чтобы снизить вызванное колеблющееся напряжение. На электронных системах, первичные обмотки непосредственно не связаны с вторичными, и если конденсатор используется, то для того, чтобы уменьшить радиопомехи..

Следующие моменты определяют важные характеристики осциллограммы системы зажигания с механическим прерывателем.

1. Точка 1 близко расположена к моменту окончания искры и начинается период накопления энергии.
2. В точке 2, ток течет через первичную обмотку, создаёт магнитное поле в

катушке. Это проявляется на осциллограмме вторичного напряжения как ряд уменьшающихся колебаний (2).

Линия 3 характеризует время или угол поворота коленчатого вала в течение которого, контакты остаются замкнутыми. Это называется периодом накопления энергии или углом замкнутого состояния контактов (УЗСК).

В точке 4, прерыватель размыкает контакты и магнитное поле, созданное током, текущим в первичной обмотке катушки сворачивается, создавая высокое напряжение во вторичной обмотке.

В точке 5, вторичное напряжение преодолевает сопротивления во вторичной цепи включая воздушный зазор между электродами свечи, чтобы произвести искру, которая начинает горение.

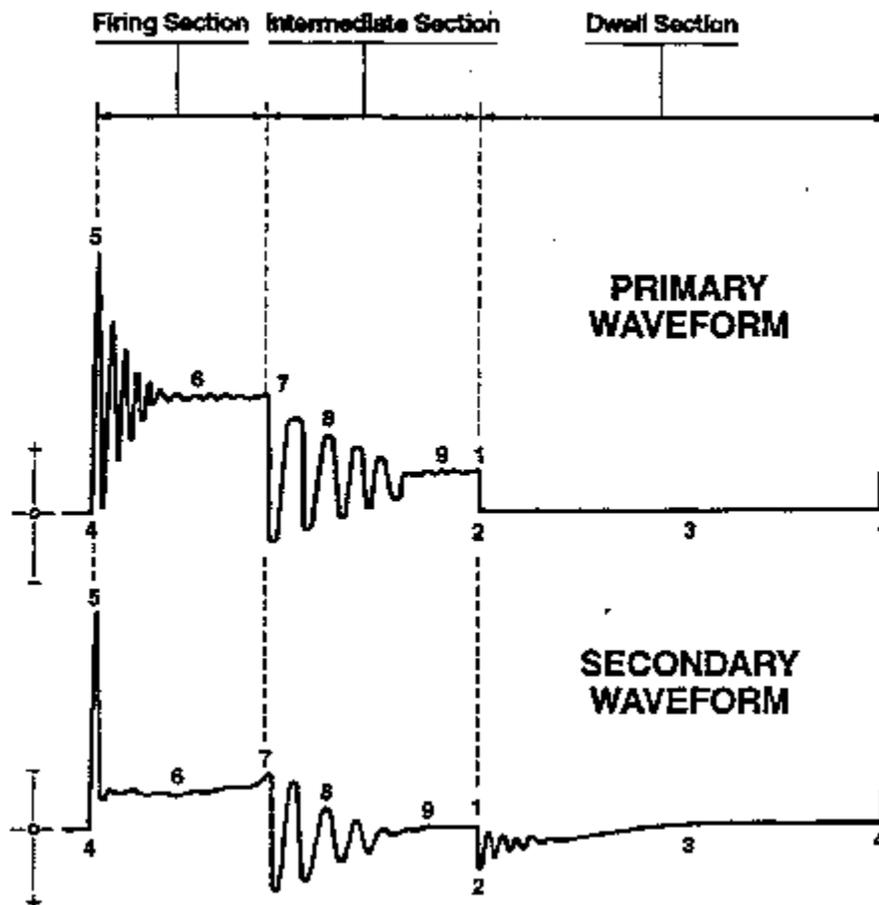


Рис. 4.2.2. Формы осциллограмм системы зажигания с механическим прерывателем.

Линия 6 показывает разряд между электродами свечи намного ниже, чем первоначальное напряжение, потому что зазор свечи больше не неблагоприятное сопротивление. Дуга искры поддерживается на постоянном уровне напряжения для продолжительности свечения искры.

В точке 7, энергия катушки больше не способна поддерживать искру между электродами свечи.

В точке 8, уменьшение энергии, остающейся в катушке и конденсаторе обозначено, уменьшениями размаха колебаний.

В точке 9, энергия катушки и конденсатора рассеяны; тока в первичных или вторичных цепях нет.

Цикл воспламенения для одного цилиндра закончен, начинается цикл для следующего цилиндра в порядке зажигания.

Типичные осциллограммы двенадцати электронных систем зажигания (Рис 4.2.3).

Эти образцы должны использоваться как общая форма и не должны рассматриваться как точные представления.

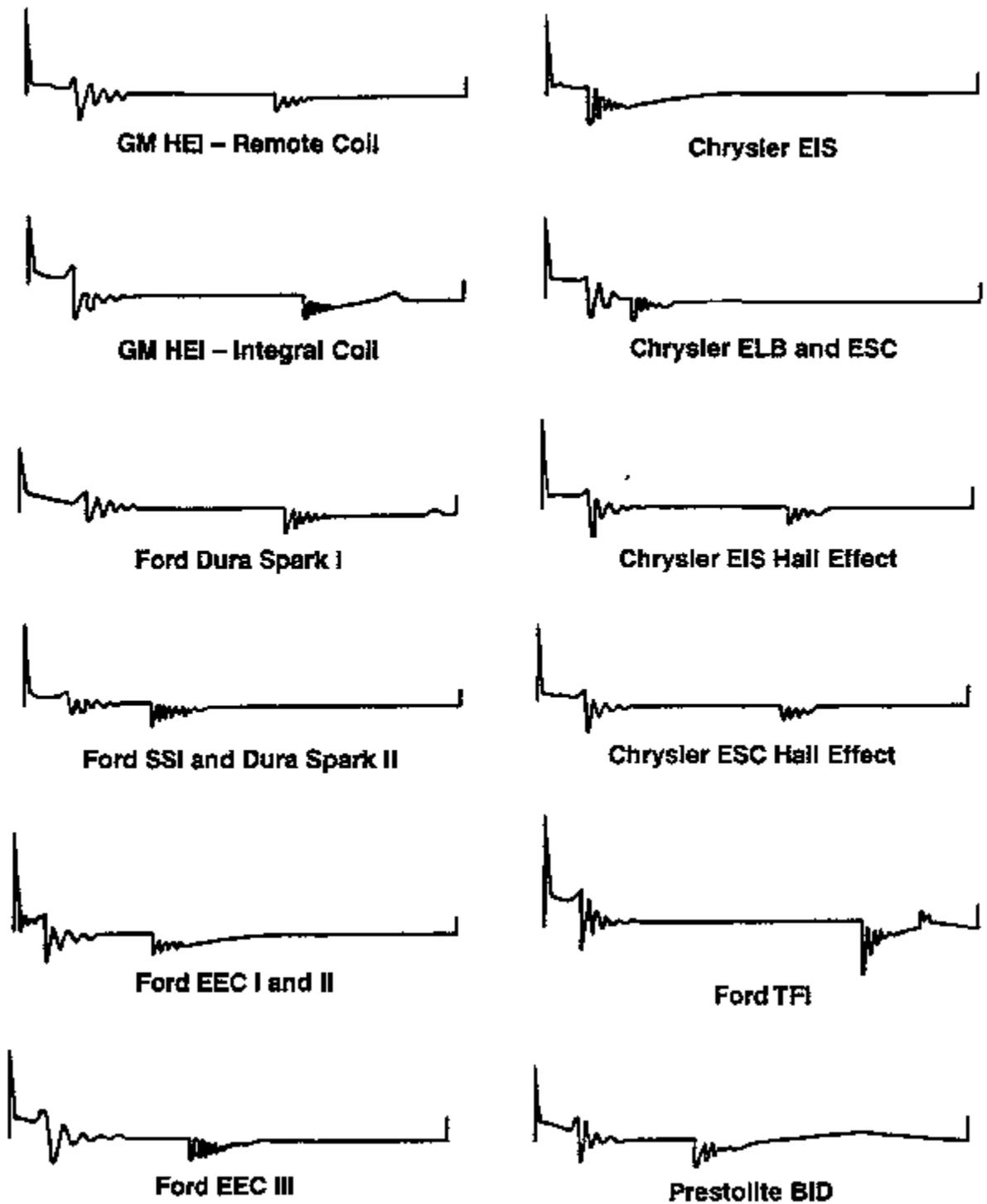


Рис. 4.2.3

Поиск неисправностей в системах зажигания.

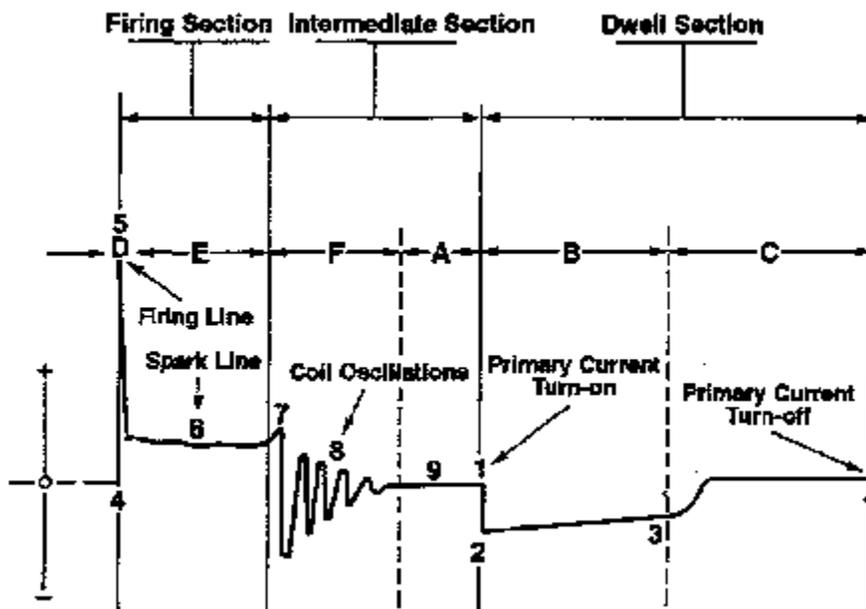


Рис 4.2.4 Пример осциллограммы вторичного напряжения системы зажигания QM HEI.

Период накопления энергии.

Первичный сигнал (Точка1), должен быть в одном и том же месте для всех цилиндров. Если это не так, то проверьте колесо сигнального механизма, вал распределителя, и модуль управления системы зажигания.

Длина периода накопления энергии (УЗСК) должен быть постоянным, различия не должны превысить 3°. Однако, на системах, которые используют электронное управление, периода накопления энергии (УЗСК) может измениться больше или меньше чем 3°.

Всегда обращайтесь к спецификациям изготовителя транспортного средства.

Чрезмерно большой период накопления энергии (УЗСК), может быть вызван износом вала распределителя, кулачка прерывателя, контактов прерывателя.

При увеличении частоты вращения коленчатого вала, период накопления энергии (УЗСК) может увеличиваться, оставаться постоянным, или уменьшаться, в зависимости от проекта системы зажигания. Если период накопления энергии (УЗСК) не отвечает должным образом на увеличение частоты вращения коленчатого вала, то это указывает на неисправность управляющего модуля системы зажигания.



Рис 4.2.5 Первичный сигнал - слишком рано.

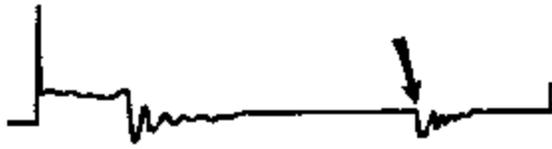


Рис 4.2.6 Первичный сигнал - слишком поздно.

ПРИМЕРЫ НЕПРАВИЛЬНЫХ ФОРМ ОСЦИЛЛОГРАММ.

Колебания вправо от точки 2 должны уменьшиться до полного затухания.

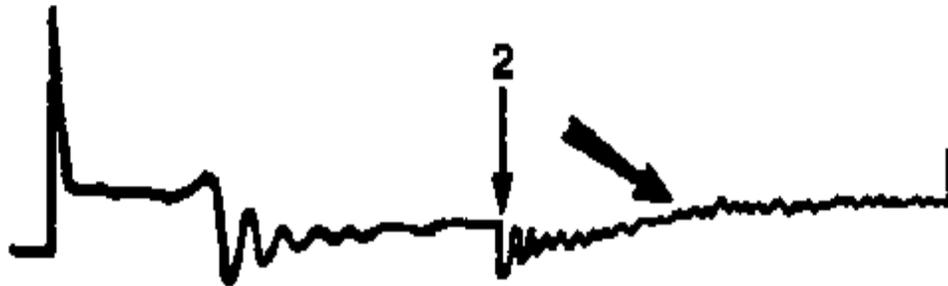


Рис 4.2.7 НАРУШЕН КОНТАКТ ЗАЕМЛЕНИЯ КАТУШКИ.

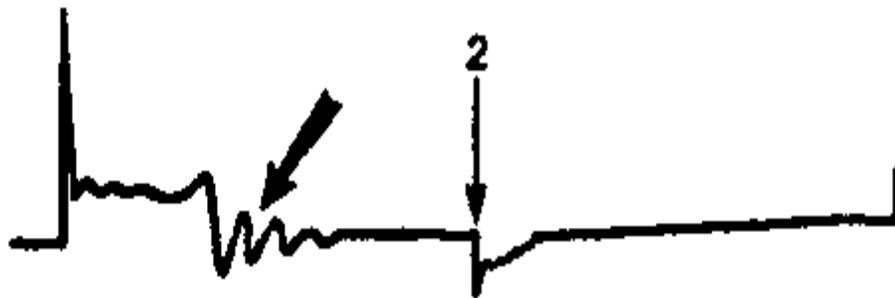


Рис 4.2.8 Дефектная катушка или разрушены контакты прерывателя.

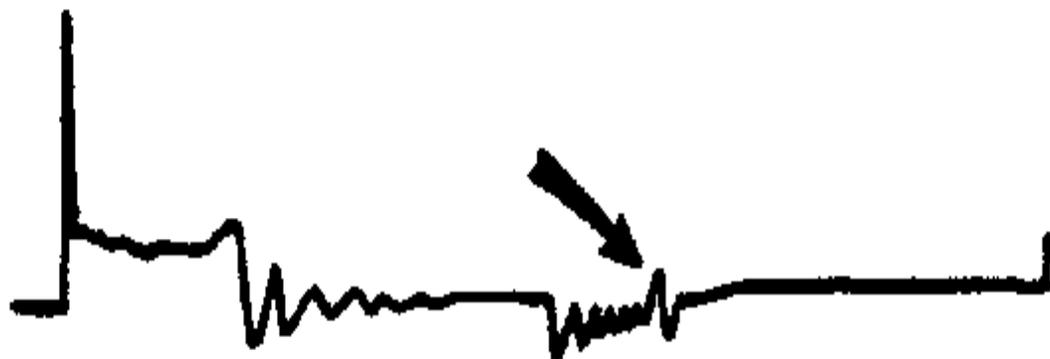


Рис 4.2.9 Ложный сигнал сигнального механизма в первичной цепи системы зажигания.

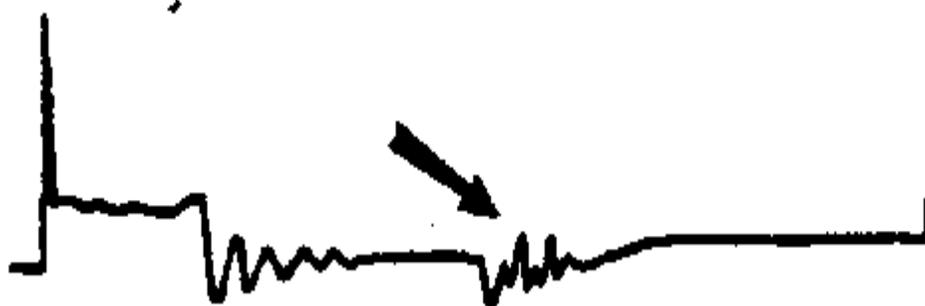


Рис 4.2.10 Сильное биение осциллограммы - грязные или подгоревшие контакты прерывателя, износ кулачка прерывателя, или неправильная регулировка зазора контактов прерывателя. Слишком малый зазор является причиной вибрации контактов при высоких скоростях вращения коленчатого вала, чрезмерно большой зазор вызывает сильный удар контактов при замыкании.

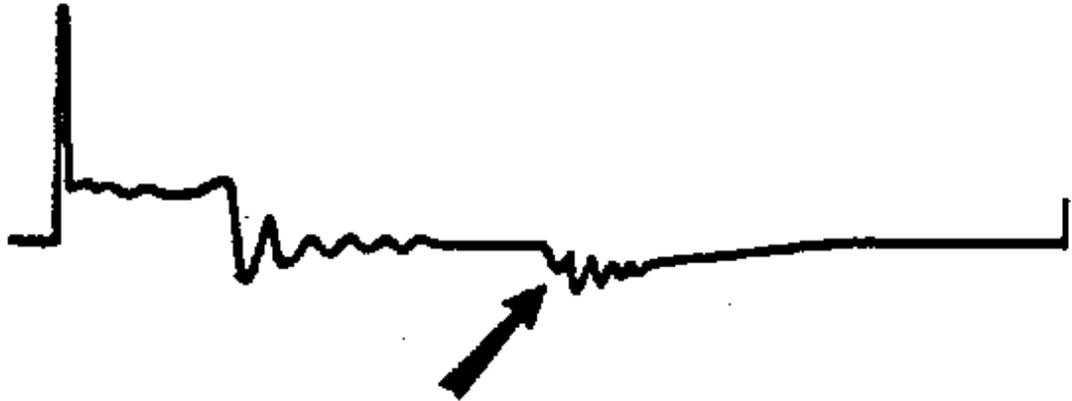


Рис 4.2.11 Повышенное сопротивление в контактах прерывателя. Контакты имеют чрезмерное сопротивление, вызванное подгоранием. При хорошем контакте - первое отклонение на осциллограмме самое большое и сопровождается затухающими. Если есть высокое сопротивление контактов, первое отклонение может быть меньше второго, после которого колебания уменьшаются постепенно.

Разрыв цепи первичной обмотки (Точка 4), обычно производит к резкому вертикальному повышению напряжения во вторичной обмотке. Обратите внимание на следующие три иллюстрации.

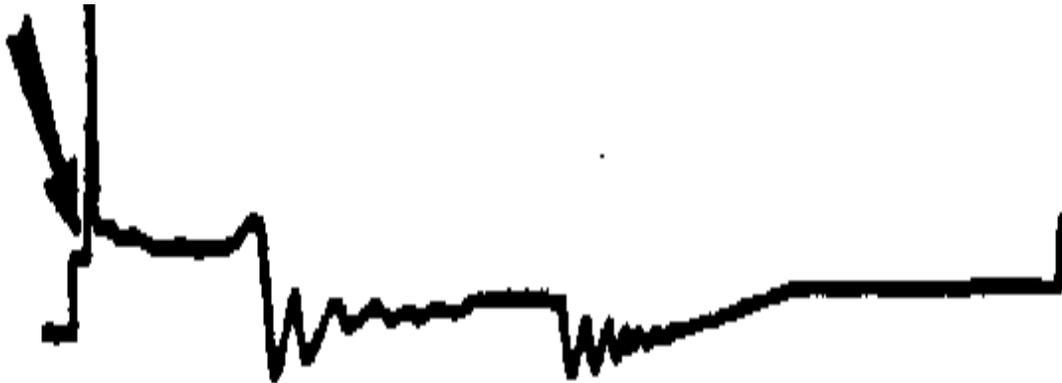


Рис 4.2.12. Подгоревшие или грязные контакты прерывателя, дефектный конденсатор на прерывателе.



Рис. 4.2.13. Не указывает на сбой. На электронных системах зажигания, в которых применяется ограничение тока катушки зажигания появление горба, или ряби напряжения, в форме волны, можно встретить на высоких скоростях вращения коленчатого вала.

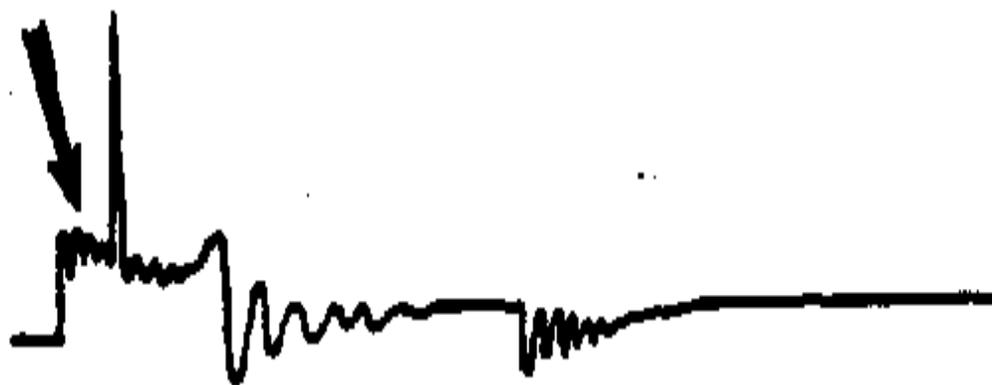


Рис 4.2.14. Неисправен конденсатор или плохой контакт между конденсатором и прерывателем.

Участок горения.

Уровень пикового напряжения (Точка 5) должен обычно быть от 4 до 18 kV при постоянной скорости вращения коленчатого вала. На электронных системах, различие между самым высоким и самым низким пиковым напряжением должно быть меньше чем 50 % от самого высокого напряжения. На системах с механическим прерывателем, пиковое напряжение не должно изменяться более чем 3-4 kV.

Напряжение горения не должно превышать 40 % доступного напряжения катушки.

На электронных системах зажигания, катушка зажигания считается исправной, если при скорости вращения коленчатого вала 1500 об/мин она может генерировать напряжение минимум 5 kV и поддерживать горение искры минимум 0.85 миллисекунды.

На системах зажигания с механическим прерывателем, испытания катушки проводят отсоединяя от любой свечи (кроме 1-го цилиндра) высоковольтный провод.

Держите провод далеко от корпуса двигателя, и проверьте пиковое напряжение. Минимум 20 kV рассматривается адекватным для большинства систем.

Линия искры, или продолжительность горения искры (от точки 5 до точки 7), должны быть равными по длине для всех цилиндров.

Общие руководящие принципы для оценки линий искры:

- **0.8 миллисекунды или меньше - слишком коротка;**
- **от 1.0 до 2.0 миллисекунды типичная;**
- **больше чем 2.4 миллисекунды слишком длинна.**

Контрольные замеры должны проводится приблизительно при 2000 об/мин.

На продолжительность искры воздействуют те же самые факторы, которые затрагивают напряжение горения. Если фактор имеет тенденцию *увеличивать* напряжение горения, это *уменьшит* продолжительность искры; наоборот, если фактор имеет тенденцию *уменьшать* напряжение горения, это будет *увеличивать* продолжительность искры.

Напряжение горения должно быть равным для всех цилиндров (от 1 до 4 kV).

Таблица генерируемого напряжения при различных факторах (Рис 4-25).

| ФАКТОР | Требуемое напряжение | |
|--|----------------------|------|
| | Выше | Ниже |
| Высокий ток первичной обмотки. | X | |
| Высокое сопротивление первичной цепи. | | X |
| Высокое сопротивление вторичной цепи. | X | |
| Разрыв вторичной цепи. | X | |
| Низкое сопротивление во вторичной цепи. | | X |
| Замыкание на корпус вторичной цепи | | X |
| Зазор свечи. | | |
| А) Большой зазор | X | |
| В) Малый зазор, или отсутствует. | | X |
| С) Подгорание электродов | X | |
| Д) Острый центральный электрод | | X |
| Е) Слишком горячая свеча | | X |
| Ф) Слишком холодная свеча | X | |
| Полярность центрального электрода свечи. | | |
| А) Отрицательный | | X |
| В) Положительный | X | |
| Опережение зажигания. | | |
| А) Позднее | X | |
| В) Раннее | | X |
| Топливная смесь: | | |
| А) Бедная | X | |
| В) Богатая | | X |
| Высокая турбулентность в цилиндре | X | |
| Степень сжатия: | | |
| А) Высокая | X | |
| В) Низкая | | X |

Рис 4.2.15

Нисходящая линия горения искры - напряжение, поддерживающее искру уменьшается в течение времени горения искры. Энергия искры может «обтекать» на корпус через дефектные узлы вторичной цепи системы зажигания.

Восходящая линия горения искры - механические проблемы поршневой группы двигателя. Дефектные кольца, поршни или клапаны не обеспечивают герметичность при увеличении давления в камере сгорания.

Чрезмерные колебания (мешанина) линии искры может быть вызвана:

- 1) Сожженный клапан (ы);
- 2) Дефектная прокладка (ки) головки блока цилиндров;
- 3) Сломанная (нарушенная) пружина (ны) клапана;
- 4) Дефектный свечной провод (а) , крышка распределителя или бегунок;
- 5) Изношенный или дефектный колпачёк свечи,
- 6) Изменение режимов работы двигателя.
- 7) Высокое расположение свечи в камере.
- 8) Работа двигателя под нагрузкой

Некоторые типичные неисправности, которые могут быть выявлены на участке горения осциллограммы вторичного напряжения приведены ниже.

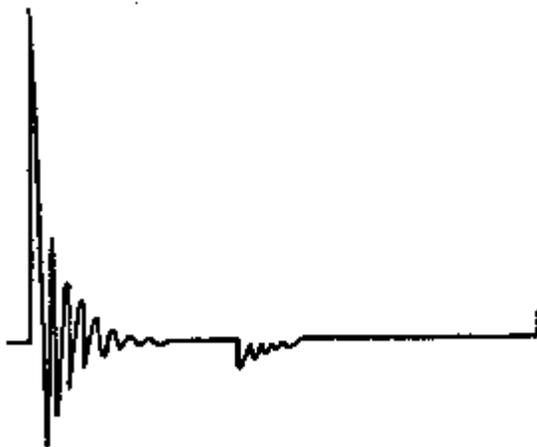


Рис 4.2.16 Указывает на разрыв во вторичной цепи.

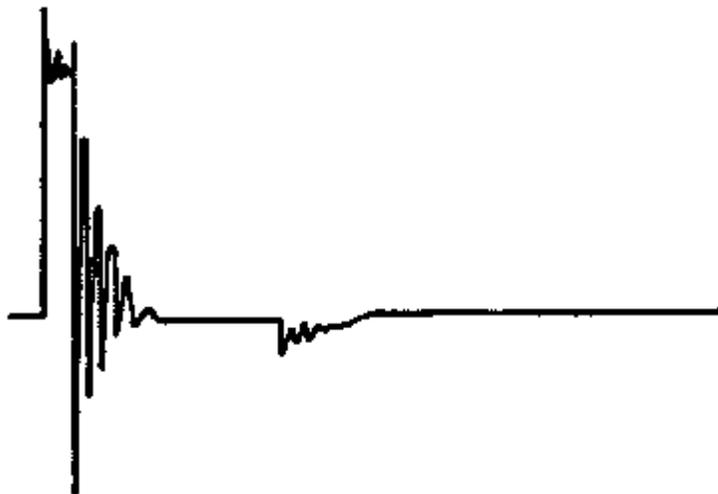


Рис 4.2.17 Указывает на очень высокое сопротивление во вторичной цепи.

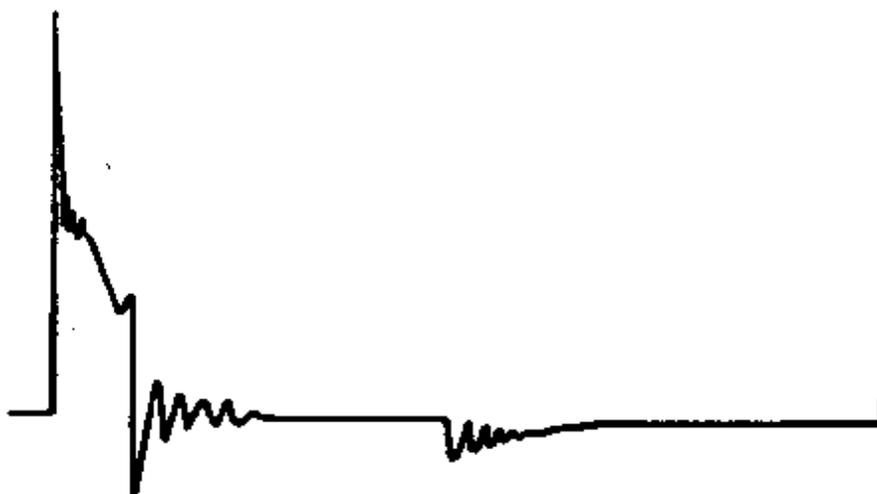


Рис 4.2.18 Указывает на высокое сопротивление во вторичной цепи.



Рис 4.2.19 Указывает на высокое сопротивление свечного колпачка (наклон вниз линия горения искры и высоко расположенная линия зажигания искры).

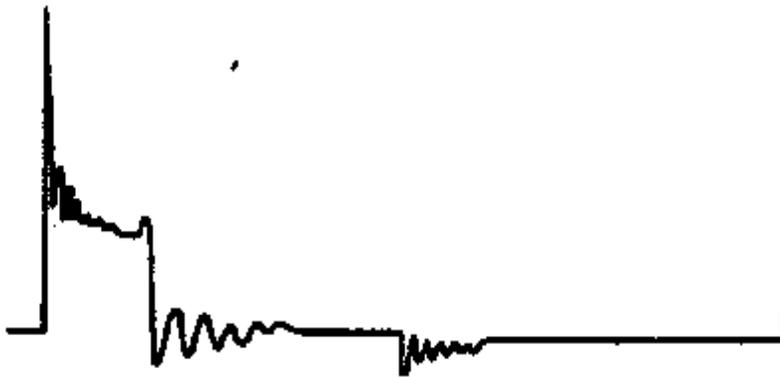


Рис 4.2.20 Указывает на высокое сопротивление вторичной цепи (линия горения искры слишком высоко)



Рис 4.2.21 Указывает на чрезмерное сопротивление вторичной цепи (высоко линия горения искры). Это может быть слишком большой зазор в контактах свечи, бедная топливная смесь, или подсос воздуха в цилиндр. Если явление присутствует на всех цилиндрах, то это может быть высокое сопротивления свечных колпачков или проводов.



Рис 4.2.22 Указывает, что искра включает внутреннее сопротивление.
(вверх направленная линия горения искры)



Рис 4.2.23 Указывает, что топливная смесь богатая
(линия горения искры ниже и более длинна чем нормальная)



Рис 4.2.24 Указывает на внутреннее сопротивление (вверх наклонённая линия горения искры) Это может быть вызвано слишком большим зазором между электродами свечей. Если это присутствует на всех цилиндрах, причина может быть в чрезмерно бедной смеси.

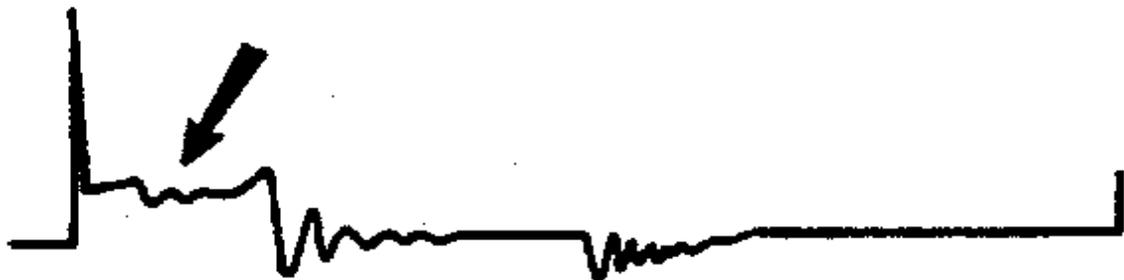


Рис 4.2.25 Указывает на гаснущую, а затем перестартовую искру. Это может случаться, если загрязнены контакты свечи, слишком низкая компрессия, воздушно/топливная смесь слишком бедная и т.д.



Рис 4.2.26 Указывает на неисправность крышки распределителя зажигания.

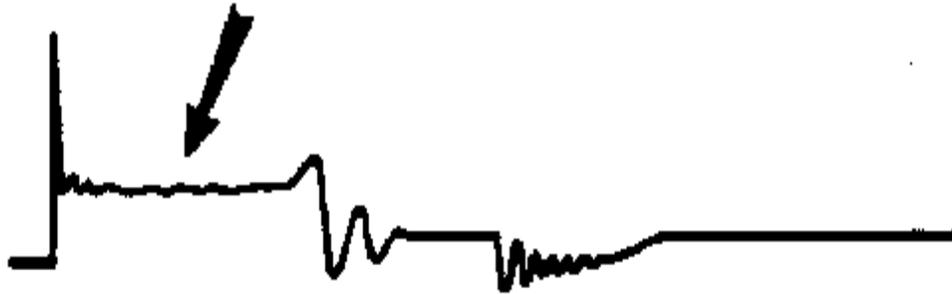


Рис 4.2.27 Указывает загрязненные контакты свечи зажигания, или слишком малый зазор между ними.



Рис 4.2.28 Указывает на измененную полярность катушки. Это могло быть вызвано неправильным подключением или неправильны изготовлением катушки.

Промежуточный участок.

Когда искра гаснет (Точка 7), это проявляется как пик в форме волны, сопровождаемой острым снижением и рядом колебаний, которые уменьшаются в горизонтальную линию. Должно быть минимум три - пять колебаний. Слишком малое количество колебаний указывают на внутреннюю проблему катушки (катушка или конденсатор прерывателя).

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: Крайслер EIS (электронная система воспламенения) ненормальность катушки не может быть определена, исследуя форму волны, потому что включение питания катушки начинается немедленно в конце линии горения искры.

Некоторые типичные неисправности, которые могут быть обнаружены на промежуточном участке осциллограммы вторичного напряжения:

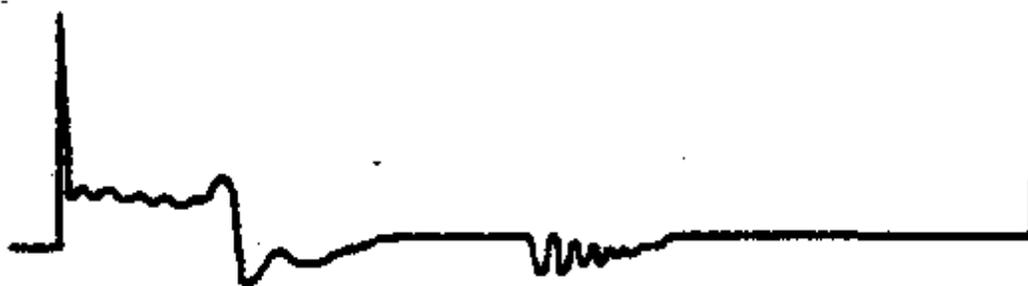


Рис 4.2.29 Частично замкнутые витки катушки или неисправный конденсатор.

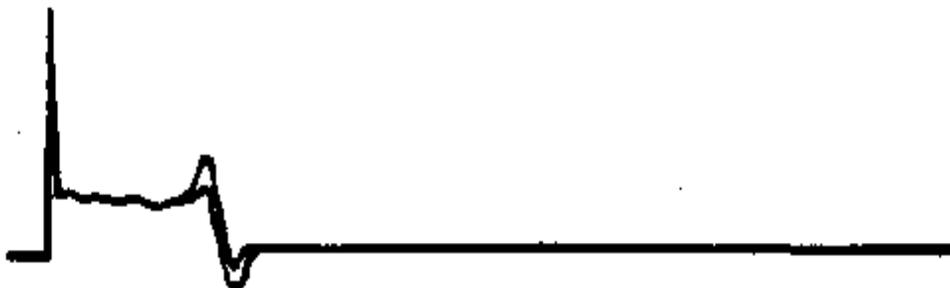


Рис 4.2.30 Разомкнута цепь питания первичной обмотки катушки (обратите внимание, что нет никаких колебаний при включении)

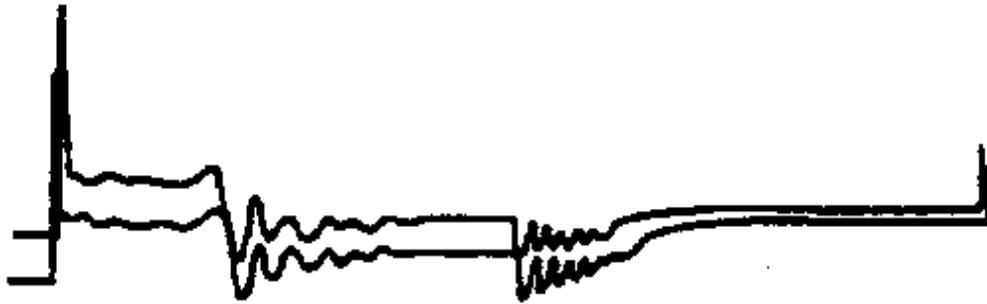


Рис 4.2.31 Неустойчивое напряжение во вторичной обмотке катушки, пониженное сопротивление изоляции во вторичной обмотке.

Методы систематического анализа.

Если проблема общая для одного или более, но не для всех цилиндров, то проверьте свечные колпачки, высоковольтные провода и крышку распределителя зажигания.

Если проблема общая для всех цилиндров, то проверьте катушку, первичную цепь зажигания, бегунок и центральный контакт крышки распределителя.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ

Если транспортное средство оборудовано электронной системой зажигания, не разъединяйте свечные провода на работающем двигателе.

На транспортных средствах, оборудованных каталитическим катализатором, не допускайте работы двигателя больше чем 10 секунд с отключённым цилиндром, во избежание повреждения катализатора.

Формы осциллограмм DI – систем зажигания.

Принципы DI – систем зажигания

Физически, есть два очевидных различия:

- 1) Система *DI* не имеет механического распределителя;
- 2) Большинство систем *DI* использует одну катушку для двух свечей зажигания.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: Некоторые системы используют по катушке на каждую свечу зажигания.

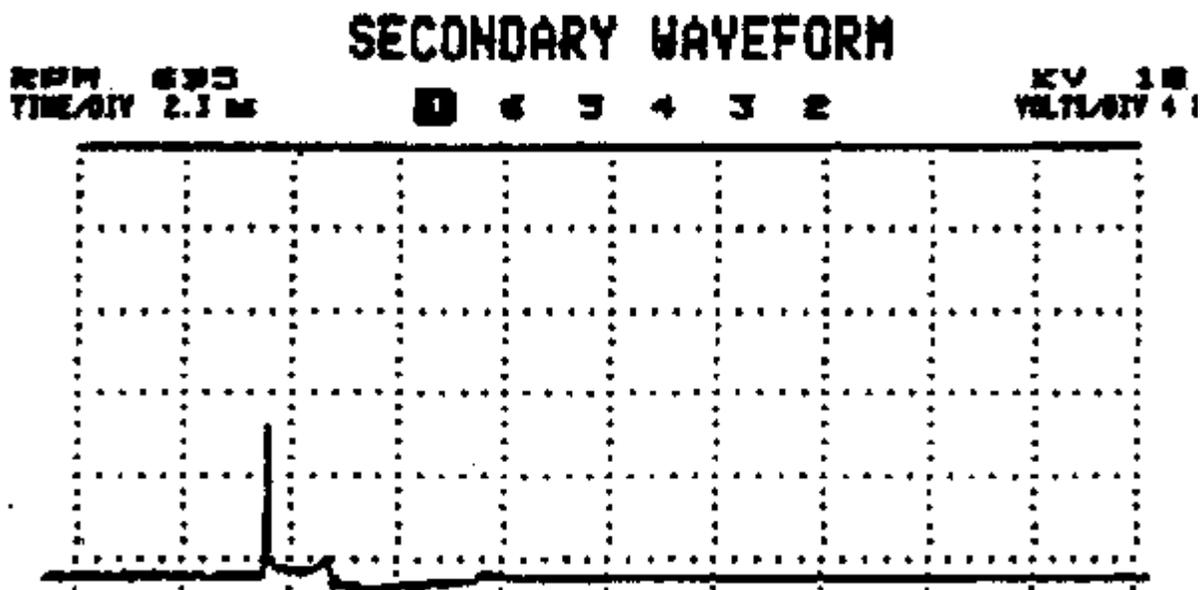


Рис 4.2.32 Образец правильной формы осциллограммы вторичного напряжения для одного цилиндра.

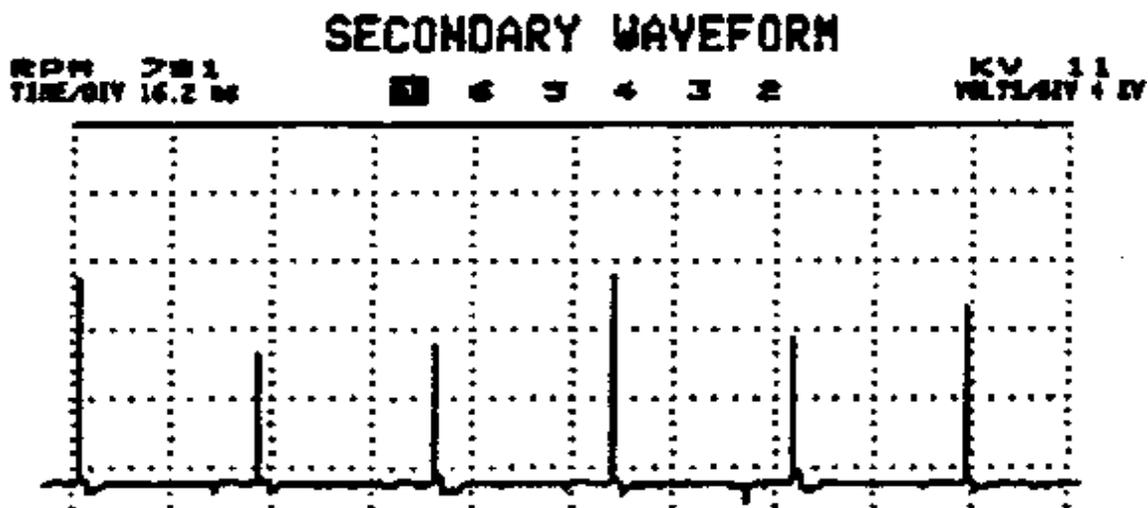


Рис 4.2.23 Образец правильной формы осциллограммы вторичного напряжения для всех (6-ти) цилиндров.

В действии, единственное главное различие - то, что DI система подаёт искру на все цилиндры двигателя за один оборот коленчатого вала, принимая во внимание, что оборудованная распределителем система использует для этого два оборота коленчатого вала.

Все четырёхтактные двигатели, оборудованные или без распределителей, требуют двух оборотов коленчатого вала (720°) чтобы произошло сгорание во всех цилиндрах. На двигателях с количеством цилиндров (4,6, и т.д.), сгорание происходит в половине цилиндров за первый оборот (360°), и в другой половине во время второго поворота. Каждый цилиндр, который имеет рабочий ход в первом обороте, имеет парный цилиндр, который выполняет рабочий ход через 360° .

На DI системе, каждая катушка имеет два вторичных терминала, которые связаны со свечами зажигания парных цилиндров. Катушка генерирует высокое напряжение во время каждого оборота коленчатого вала. Одна искра называется "истинной", потому что это происходит в цилиндре в течение такта сжатия, и зажигает воздушно/топливную смесь. Другая называется "холостой", потому что искра происходит в течение такта выпуска и не зажигает воздушно-топливную смесь. Другими словами, сгорание происходит в каждом цилиндре каждые два оборота коленчатого вала, как и на двигателях, оборудованных распределителями.

В DI системе, каждая катушка подаёт напряжение на свечи зажигания противоположных электрических полярностей, как иллюстрировано в примере (Рис 4.2.24).

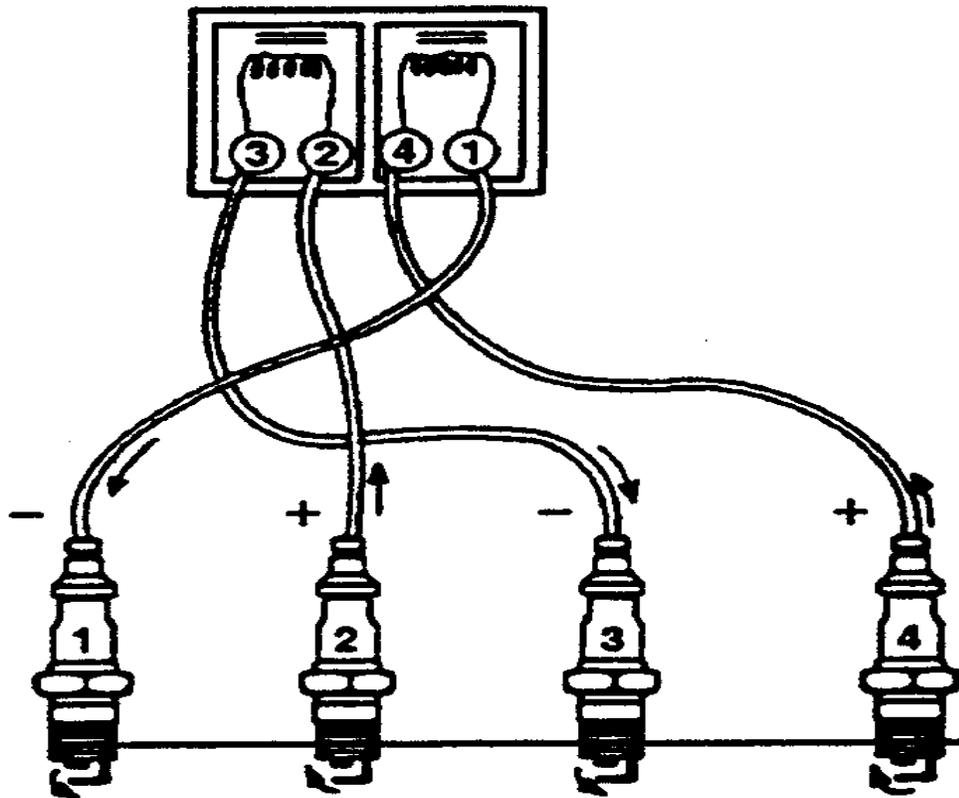


Рис 4.2.24

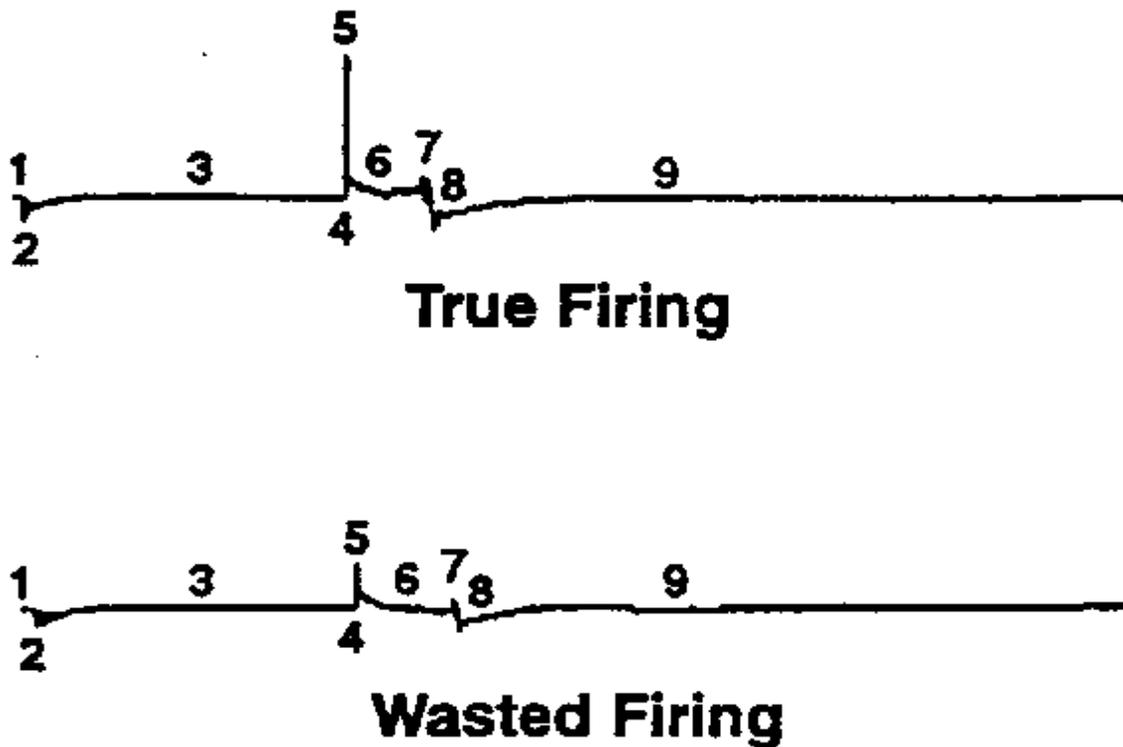


Рис 4.2.25 Примеры осциллограмм «истинной» и «холостой» искры для парных цилиндров.

Когда напряжение преодолевает сопротивление во вторичной цепи (Точка 5), емкостная энергия высвобождается через контакты свечей зажигания. Из-за различий давления в цилиндрах на это требуется разная энергия:

«Истинная» искра происходит в течение такта сжатия (высокое давление), принимая во внимание, что «холостая» искра происходит в течение такта выпуска.

Искры потребляет энергию катушки, пока напряжение не уменьшено до уровня напряжения линии горения искры. Искры гаснут, когда напряжение катушки становится слишком низким, чтобы поддержать искру. Увеличенное сопротивление проявляется на форме осциллограммы (Точка 7) как небольшое повышение на линии горения искры.

После того, как искры погасли, остаток от энергии катушки рассеивается и показан как ряд постепенно уменьшающихся колебаний (8). Это - результат неиспользованного тока, текущего сначала в одном направлении, а затем в другом другой, из-за индуктивно-емкостного эффекта. Это появляется на форме осциллограммы как чередующееся напряжение, пока энергия не рассеяна (Точка 9).

Пик напряжения «холостой» искры может иметь значение от 0 до 4 kV, но - типично приблизительно от 1 до 2 kV.

Линии горения для истинной искры выше чем для холостых.

Линия горения для истинной искры - относительно прямая, но истинная отрицательная имеет наклон линии горения слегка вниз.

Линии горения для холостых положительных и отрицательных клонятся вниз, причём отрицательные клонятся несколько больше.

Пик линии для истинной искры более высокий чем для холостой.

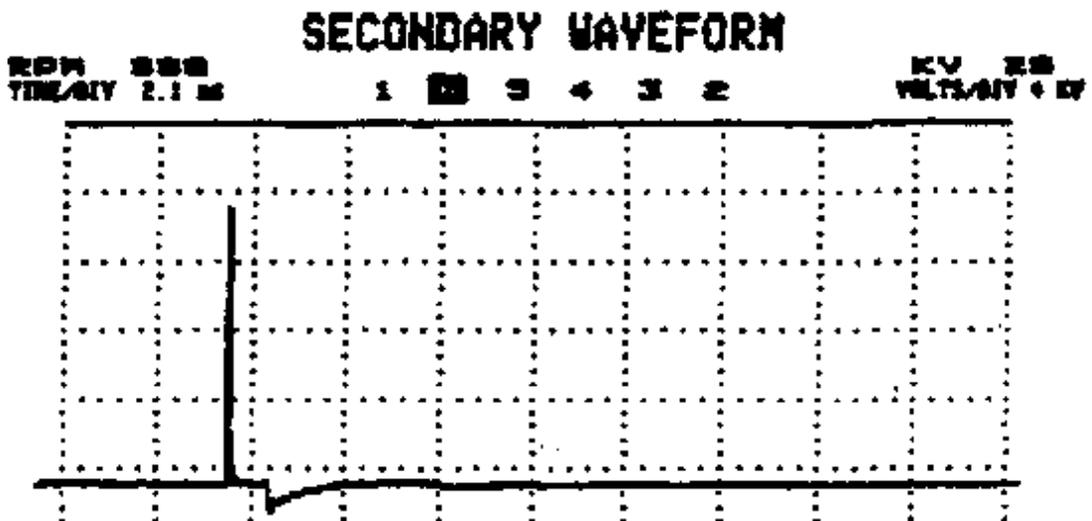
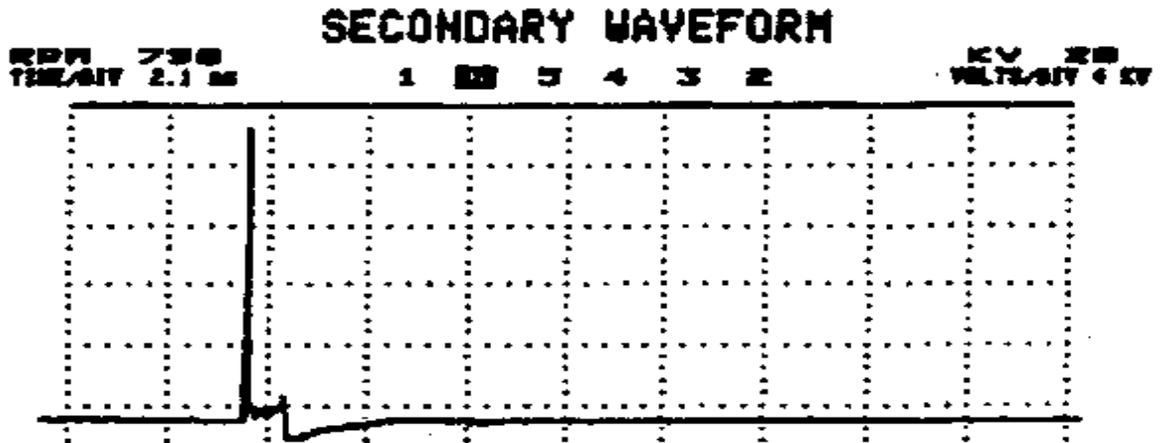


Рис 4.2.26 Истинная и холостая искра формы осциллограммы вторичного напряжения показывают очень высокое сопротивление на свече цилиндра б, вызванное обрывом провода.

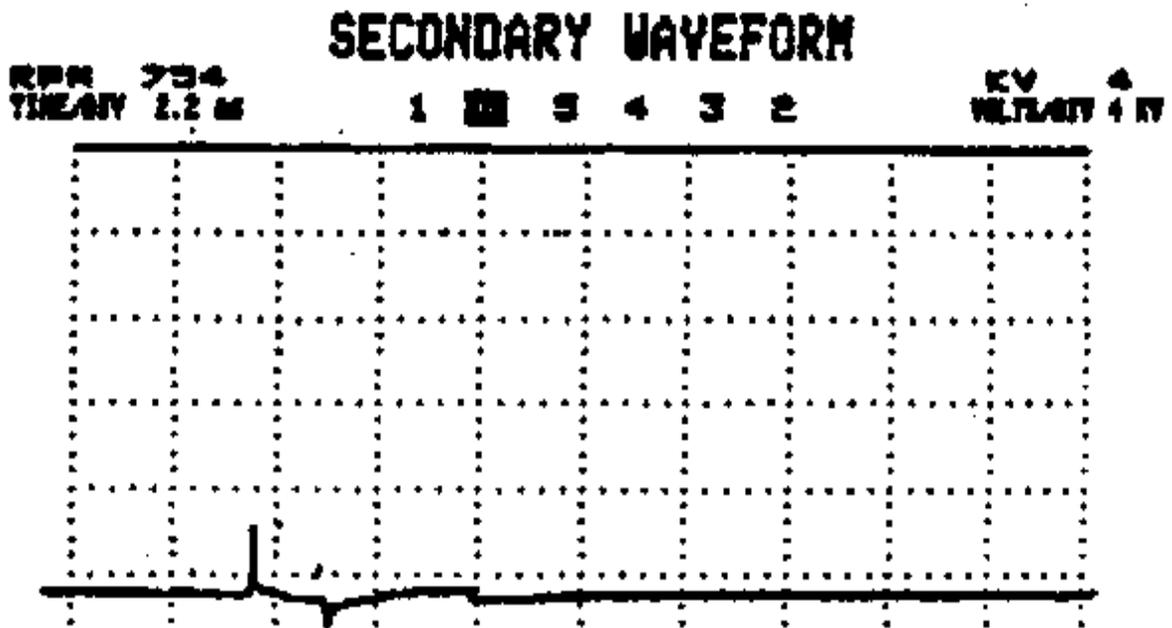
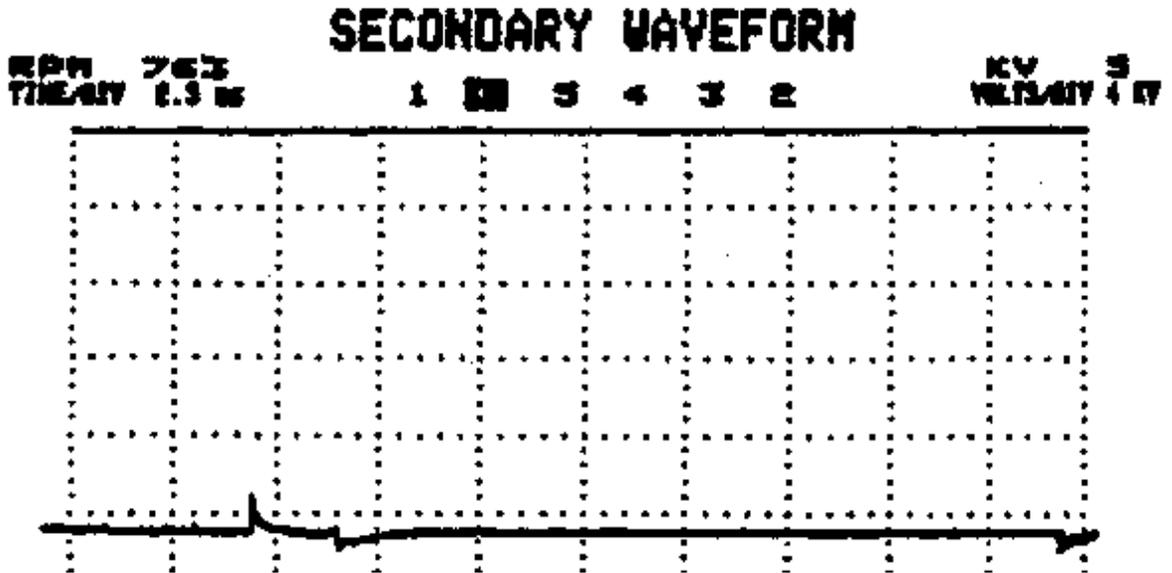


Рис 4.2.27 Истинная и холостая искра формы осциллограммы вторичного напряжения показывают очень низкое сопротивление на свече цилиндра 6, вызванное загрязнением контактов свечи.

Форма осциллограммы для истинной искры интерпретируется таким же образом как электронные системы зажигания с распределителем. Холостая искра обеспечивает дополнительную информацию для более точного диагноза. Некоторые проблемы обнаруживаются лучше на осциллограмме истинной искры, а другие на холостой искре.

кV Гистограммы.

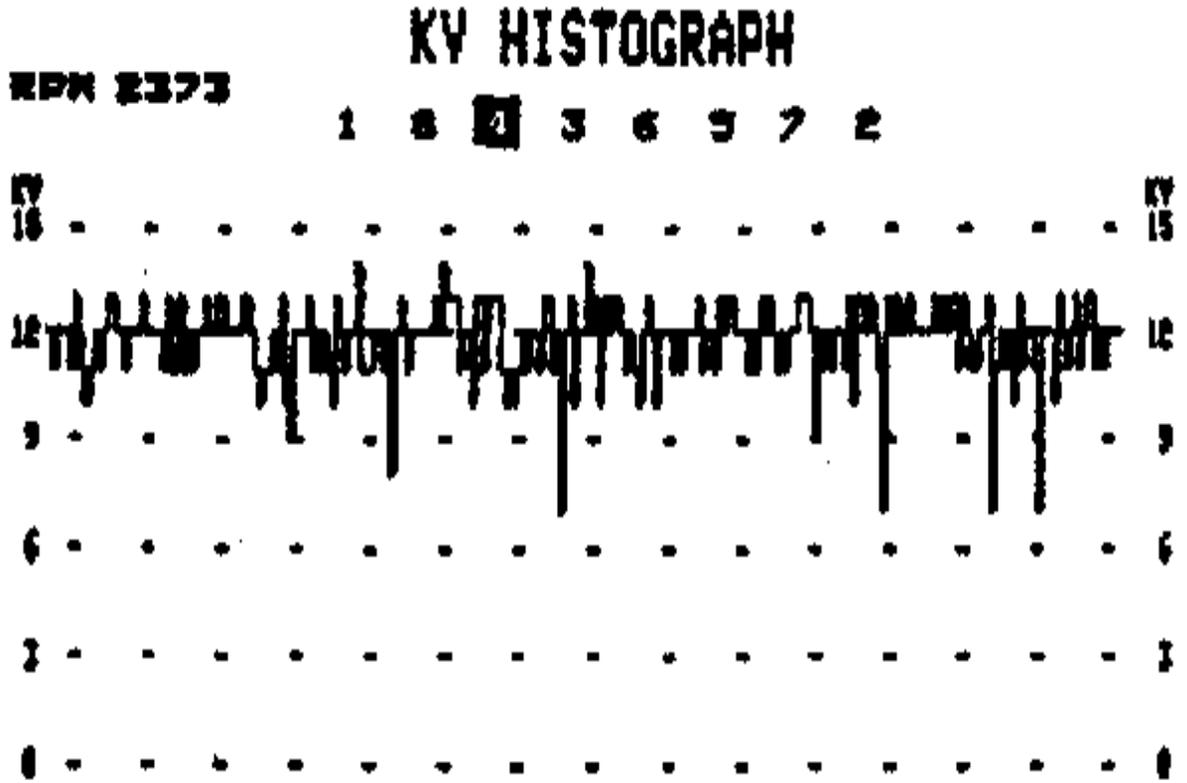


Рис 4.2.28 Гистограмма системы зажигания для двигателя с 10 цилиндрами или меньше.

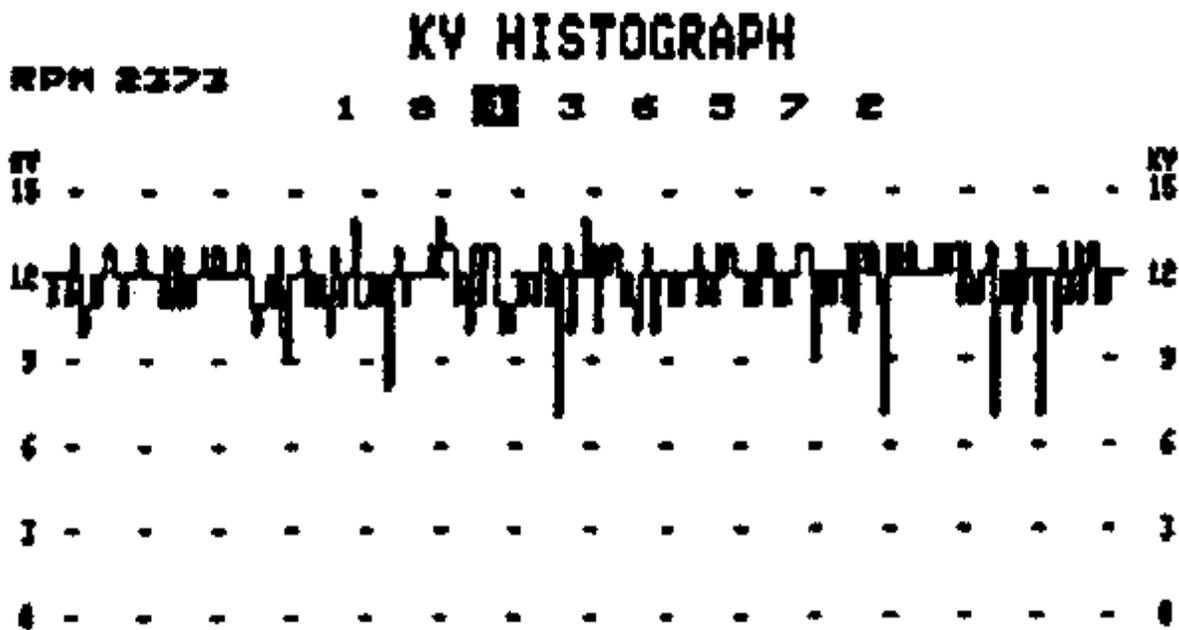


Рис 4.2.29 Гистограммы «истинной» искры для двигателя с DI-системами зажигания.

kV Барграф.

Информация режима «kVБарграф», объединенная с информацией о форме осциллограммы, может использоваться, чтобы подтвердить надлежащую работу вторичной цепи зажигания и идентифицировать проблемы вторичной цепи зажигания.

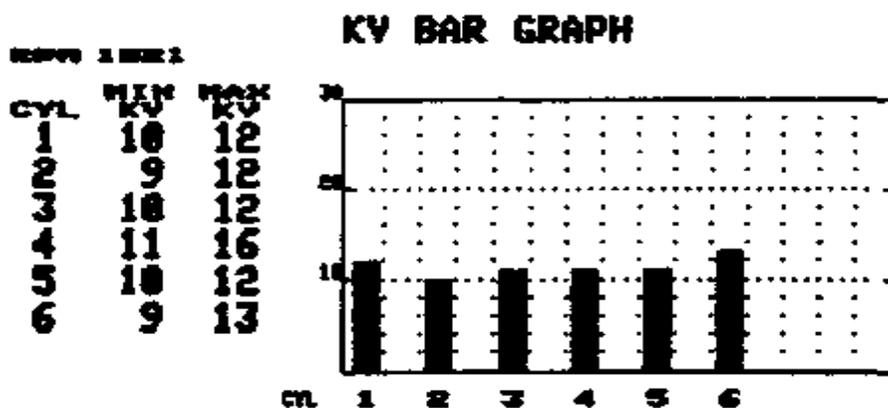


Рис 4.2.30 kV- барграф двигатель с распределителем зажигания.

| NO LOAD | | | SNAP ACCELERATION | | | UNDER LOAD | | |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <u>CYL</u> <u>No.</u> | <u>MIN</u> <u>kV</u> | <u>MAX</u> <u>kV</u> | <u>CYL</u> <u>No.</u> | <u>MIN</u> <u>kV</u> | <u>MAX</u> <u>kV</u> | <u>CYL</u> <u>No.</u> | <u>MIN</u> <u>kV</u> | <u>MAX</u> <u>kV</u> |
| 1 | 9 | 14 | 1 | 5 | 18 | 1 | 5 | 18 |
| 8 | 9 | 12 | 8 | 5 | 18 | 8 | 5 | 18 |
| 4 | 9 | 14 | 4 | 5 | 20 | 4 | 5 | 20 |
| 3 | 9 | 13 | 3 | 5 | 17 | 3 | 5 | 18 |
| 6 | 9 | 15 | 6 | 5 | 18 | 6 | 5 | 18 |
| 5 | 9 | 13 | 5 | 5 | 20 | 5 | 5 | 18 |
| 7 | 9 | 13 | 7 | 5 | 20 | 7 | 5 | 20 |
| 2 | 9 | 12 | 2 | 5 | 18 | 2 | 5 | 20 |

Рис 4.2.31 Пример анализа максимального и минимального пикового напряжения. Неисправностей нет.

| NO LOAD | | | SNAP ACCELERATION | | | UNDER LOAD | | |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <u>CYL</u> <u>No.</u> | <u>MIN</u> <u>kV</u> | <u>MAX</u> <u>kV</u> | <u>CYL</u> <u>No.</u> | <u>MIN</u> <u>kV</u> | <u>MAX</u> <u>kV</u> | <u>CYL</u> <u>No.</u> | <u>MIN</u> <u>kV</u> | <u>MAX</u> <u>kV</u> |
| 1 | 21 | 25 | 1 | 12 | 25 | 1 | 21 | 25 |
| 6 | 21 | 26 | 6 | 11 | 26 | 6 | 21 | 25 |
| 5 | 21 | 26 | 5 | 13 | 26 | 5 | 19 | 25 |
| 4 | 21 | 25 | 4 | 13 | 26 | 4 | 20 | 27 |
| 3 | 21 | 27 | 3 | 14 | 27 | 3 | 21 | 25 |
| 2 | 21 | 25 | 2 | 12 | 25 | 2 | 20 | 26 |

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО: GM HEI - система с внешней катушкой и карбюратором.

ПРОБЛЕМА: Высокое сопротивление обмотки катушки, высокое минимальное и максимальное значение на всех цилиндрах и на всех режимах.

Рис 4.2.32 Пример проблемы, вызванной высоким сопротивлением обмотки катушки.

| NO LOAD | | | SNAP ACCELERATION | | | UNDER LOAD | | |
|------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <u>CYL</u> | <u>MIN</u> | <u>MAX</u> | <u>CYL</u> | <u>MIN</u> | <u>MAX</u> | <u>CYL</u> | <u>MIN</u> | <u>MAX</u> |
| <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> | <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> | <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> |
| 1 | 4 | 8 | 1 | 1 | 12 | 1 | 1 | 12 |
| 3 | 10 | 16 | 3 | 9 | 16 | 3 | 9 | 16 |
| 4 | 4 | 8 | 4 | 2 | 8 | 4 | 2 | 8 |
| 2 | 5 | 18 | 2 | 2 | 18 | 2 | 2 | 18 |

Рис 4.2.33

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО: Форд с электронной системой зажигания и карбюратором.

ПРОБЛЕМЫ: Цилиндр № 3 – Высокое сопротивление свечного провода, или большой зазор на контактах свечи. На это указывает высокое минимальное и максимальное значение напряжения на всех режимах.

Цилиндр № 4 – Малый зазор на электродах свечи. На это указывает отсутствие изменений в значениях максимального и минимального напряжения на всех режимах.

Цилиндр № 2- Слишком большой зазор в контактах свечи. На это указывает высокое значение максимального напряжения на всех режимах.

Пример трех дефектных компонентов.

| NO LOAD | | | SNAP ACCELERATION | | | UNDER LOAD | | |
|------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <u>CYL</u> | <u>MIN</u> | <u>MAX</u> | <u>CYL</u> | <u>MIN</u> | <u>MAX</u> | <u>CYL</u> | <u>MIN</u> | <u>MAX</u> |
| <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> | <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> | <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> |
| 1 | 7 | 12 | 1 | 7 | 13 | 1 | 7 | 14 |
| 8 | 7 | 10 | 8 | 7 | 8 | 8 | 7 | 10 |
| 4 | 7 | 10 | 4 | 7 | 9 | 4 | 7 | 10 |
| 3 | 8 | 11 | 3 | 7 | 13 | 3 | 7 | 12 |
| 6 | 7 | 11 | 6 | 7 | 12 | 6 | 7 | 13 |
| 5 | 7 | 11 | 5 | 7 | 13 | 5 | 7 | 12 |
| 7 | 8 | 12 | 7 | 7 | 14 | 7 | 8 | 15 |
| 2 | 7 | 11 | 2 | 7 | 11 | 2 | 7 | 12 |

Рис 4.2.34

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО: Крайслер V-8 с электронной системой зажигания и карбюратором.

ПРОБЛЕМЫ: Углеродистый след в крышке распределителя между контактами 4 и 8 цилиндров. На это указывает пониженное максимальное напряжения для цилиндров №4 и №8.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: в режиме бар-граф будет отмечено очень небольшое снижение **ОБОРОТОВ В МИНУТУ** для цилиндров 4 и 8.

Пример одного дефектного компонента, влияющего на два цилиндра.

| NO LOAD | | | SNAP ACCELERATION | | | UNDER LOAD | | |
|----------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|-------------------|------------|------------|
| <i>CYL</i> | <i>MIN</i> | <i>MAX</i> | <i>CYL</i> | <i>MIN</i> | <i>MAX</i> | <i>CYL</i> | <i>MIN</i> | <i>MAX</i> |
| <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> | <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> | <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> |
| 1 | 16 | 20 | 1 | 13 | 17 | 1 | 12 | 21 |
| 3 | 15 | 18 | 3 | 12 | 17 | 3 | 8 | 20 |
| 4 | 5 | 7 | 4 | 4 | 13 | 4 | 4 | 13 |
| 2 | 22 | 26 | 2 | 23 | 29 | 2 | 22 | 30 |

Рис 4.2.35

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО: Mazda с электронной системой зажигания и впрыском топлива.

ПРОБЛЕМЫ:

Цилиндр №4 - Загрязненные контакты свечи. На это указывает низкое минимальное и максимальное значение напряжения на всех режимах.

Цилиндр №2 - Высокое сопротивление свечного провода и зазора в контактах свечи. На это указывает высокое значение минимального и максимального напряжения на всех режимах работы.

Пример двух дефектных компонентов.

| No Load True | | | No Load Wasted | | | Under Load True | | | Under Load Wasted | | |
|---------------------|------------|------------|-----------------------|------------|------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|
| <i>CYL</i> | <i>MIN</i> | <i>MAX</i> | <i>CYL</i> | <i>MIN</i> | <i>MAX</i> | <i>CYL</i> | <i>MIN</i> | <i>MAX</i> | <i>CYL</i> | <i>MIN</i> | <i>MAX</i> |
| <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> | <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> | <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> | <u>No.</u> | <u>kV</u> | <u>kV</u> |
| 1 | 7 | 15 | 1 | 1 | 4 | 1 | 5 | 18 | 1 | 1 | 4 |
| 3 | 4 | 7 | 3 | 3 | 7 | 3 | 3 | 8 | 3 | 3 | 7 |
| 4 | 8 | 13 | 4 | 2 | 6 | 4 | 5 | 15 | 4 | 2 | 6 |
| 2 | 6 | 12 | 2 | 1 | 6 | 2 | 5 | 15 | 2 | 1 | 5 |

Рис 4.2.36

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО: GM 2.5L с DIS.

ПРОБЛЕМА: Цилиндр №3 – Короткое замыкание свечного провода на массу. На это указывает отсутствие изменения минимального и максимального значения напряжения под нагрузкой.

Пример проблемы, вызванной коротким замыканием свечного провода.

| No Load True | | | No Load Wasted | | | Under Load True | | | Under Load Wasted | | |
|--------------|--------|--------|----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
| CYL No. | MIN kV | MAX kV | CYL No. | MIN kV | MAX kV | CYL No. | MIN kV | MAX kV | CYL No. | MIN kV | MAX kV |
| 1 | 7 | 13 | 1 | 1 | 6 | 1 | 9 | 16 | 1 | 1 | 4 |
| 6 | 6 | 11 | 6 | 1 | 5 | 6 | 6 | 10 | 6 | 1 | 5 |
| 5 | 13 | 18 | 5 | 7 | 17 | 5 | 13 | 15 | 5 | 8 | 14 |
| 4 | 7 | 14 | 4 | 1 | 8 | 4 | 6 | 10 | 4 | 1 | 6 |
| 3 | 6 | 12 | 3 | 1 | 5 | 3 | 9 | 15 | 3 | 1 | 5 |
| 2 | 13 | 18 | 2 | 2 | 7 | 2 | 12 | 17 | 2 | 3 | 7 |

Рис 4.2.37

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО: GM 3.8L с впрыском топлива.

ПРОБЛЕМА: Цилиндр №5 - Высокое сопротивление в зазоре контактов свечи. На это указывает высокое минимальное и максимальное значение напряжения на всех режимах. Обратите внимание, что значения также высоки для истинной искры на цилиндре №2 - парном цилиндре цилиндру №5.

Пример проблемы, вызванной высоким сопротивлением зазора контактов свечи.

| No Load True | | | No Load Wasted | | | Under Load True | | | Under Load Wasted | | |
|--------------|--------|--------|----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
| CYL No. | MIN kV | MAX kV | CYL No. | MIN kV | MAX kV | CYL No. | MIN kV | MAX kV | CYL No. | MIN kV | MAX kV |
| 1 | 7 | 10 | 1 | 2 | 4 | 1 | 6 | 17 | 1 | 2 | 4 |
| 4 | 6 | 8 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 14 | 4 | 2 | 4 |
| 2 | 11 | 14 | 2 | 5 | 8 | 2 | 14 | 23 | 2 | 5 | 7 |
| 5 | 5 | 6 | 5 | 2 | 4 | 5 | 5 | 12 | 5 | 2 | 4 |
| 3 | 7 | 11 | 3 | 2 | 3 | 3 | 7 | 17 | 3 | 2 | 4 |
| 6 | 6 | 9 | 6 | 2 | 5 | 6 | 5 | 14 | 6 | 2 | 3 |

Рис 4.2.38

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО: Форд 4.0L с EDIS и впрыском топлива.

ПРОБЛЕМА: Цилиндр №2 - Высокое сопротивление в зазоре контактов свечи. На это указывает высокое минимальное и максимальное значение напряжения на всех режимах.

Пример проблемы, вызванной высоким сопротивлением зазора контактов свечи.

| No Load True | | | No Load Wasted | | | No Load True | | | No Load Wasted | | |
|--------------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| CYL No. | MIN kV | MAX kV | CYL No. | MIN kV | MAX kV | CYL No. | MIN kV | MAX kV | CYL No. | MIN kV | MAX kV |
| LC1 | 1 | 6 | LC1 | 1 | 1 | RC1 | 5 | 8 | RC1 | 1 | 1 |
| LC3 | 3 | 13 | LC3 | 2 | 3 | RC3 | 10 | 35 | RC3 | 10 | 23 |
| LC4 | 3 | 13 | LC4 | 4 | 8 | RC4 | 7 | 10 | RC4 | 2 | 4 |
| LC2 | 2 | 13 | LC2 | 1 | 5 | RC2 | 13 | 15 | RC2 | 2 | 9 |

Рис 4.2.39

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО: FORD 2.3L с DP-DIS и ручной трансмиссией.

ПРОБЛЕМА: Цилиндр RC3 (правый №3) - Высокое сопротивление свечного провода или высокое сопротивление в зазоре контактов свечи.

На это указывает высокое значение минимального и максимального напряжения для истинной и холостой искры.

ПРИМЕЧАНИЕ: левые и правые стороны проверены отдельно.

Пример проблемы, вызванной высоким сопротивлением зазора контактов свечи, или свечного провода.

Экран BURN TIME BAR GRAPH (рис. 4-60) показывает графическую и числовую информацию о времени горения искры. Время горения искры - отрезок времени поддержания дуги между электродами свечи.

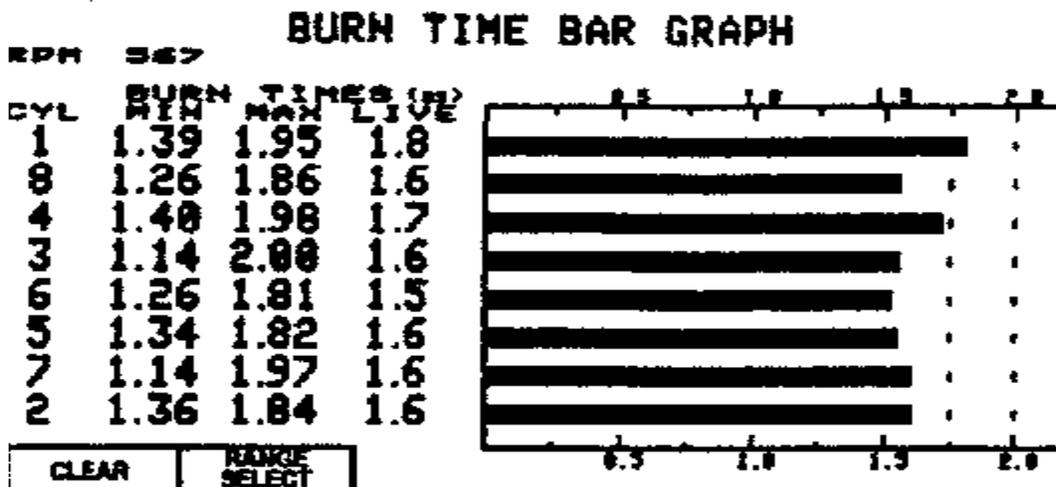


Рис. 4.2.40. TIME BAR GRAPH.

Информация о времени горения искры может использоваться, для того, чтобы определить техническое состояние компонентов вторичной цепи зажигания. Если время горения искры одного цилиндра намного короче или длиннее чем у других, то имеется неисправность на этом цилиндре.

Например, загрязненные контакты свечи определяют более низкое напряжение горения и более продолжительное время горения. Это состояние может точно определяться, при применении режимов «бар-граф» или «гистограмма».

Факторы, воздействующие на продолжительность горения искры.

На время горения искры непосредственно воздействует величина доступного вторичного напряжения катушки, величина напряжения, требуемого, чтобы преодолеть сопротивление вторичной цепи зажигания и создавать искру, и количество энергии, остающейся, чтобы поддерживать искру.

Факторы, которые имеют прямое влияние на время горения искры, включают:

- A) Качество катушки зажигания;
- B) Сопротивление вторичной цепи зажигания;
- C) Качество рабочей смеси (состав, моногамность, турбулентность) ;
- D) Короткое замыкание (на массу) во вторичной цепи,
- E) Высокое сопротивление в первичной цепи.

На время горения искры влияют те же самые факторы, которые влияют на величину вторичного напряжения, однако, эффект будет инвертирован - если фактор заставил линию горения идти выше, то это заставит время горения искры быть короче, и наоборот.

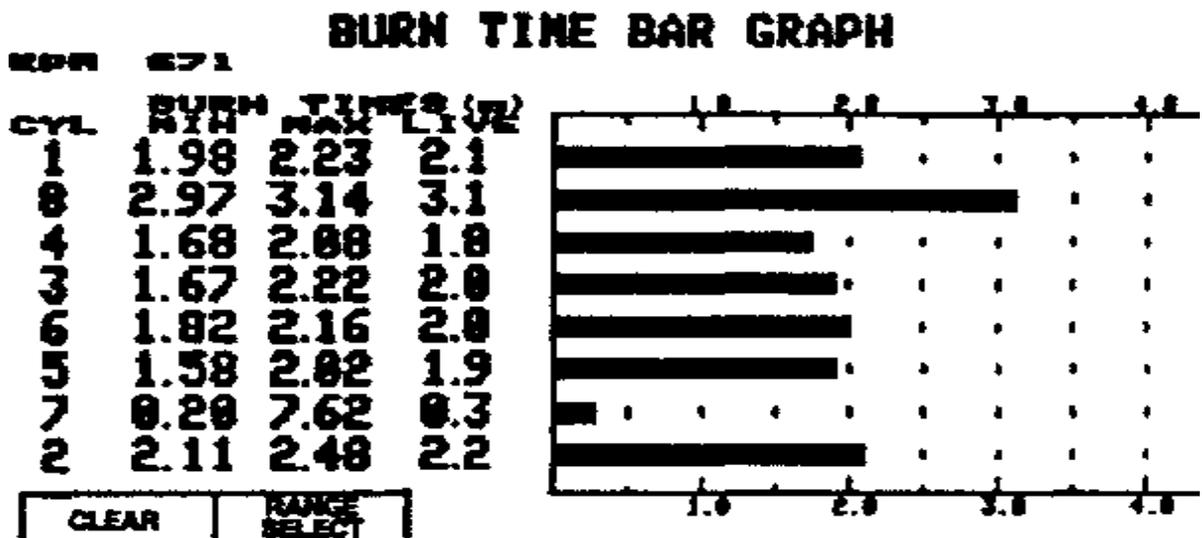


Рис 4.2.41

Рисунок показывает нормальную (Цилиндры №№ 1,2,3,5,6), чрезмерно короткую (Цилиндры №№ 4,7), и чрезмерно длинную (Цилиндр №8) продолжительность горения искры.

Примеры бар-граф времени горения искры, указывающих на проблемы.

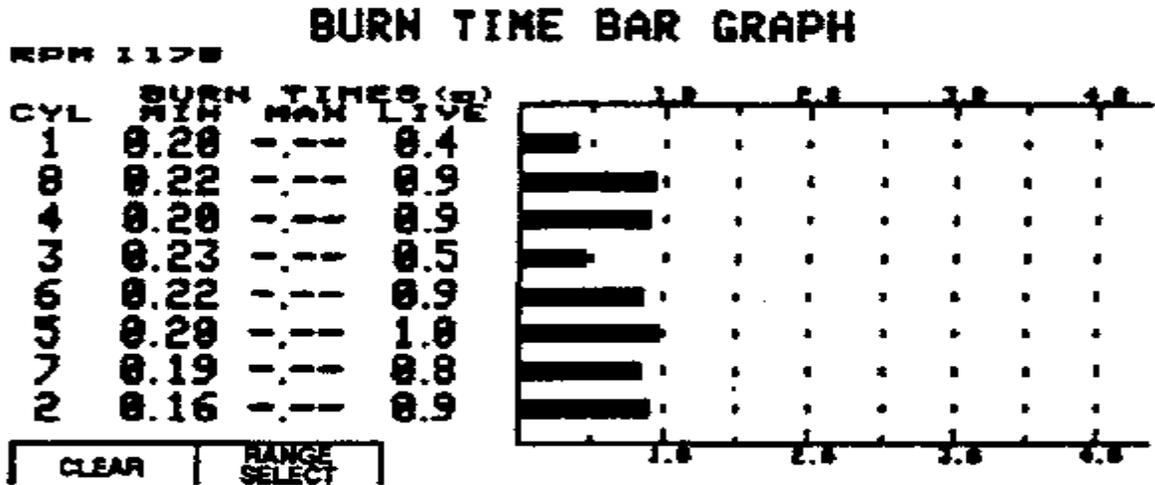


Рис 4.2.42 Время горения искры на всех цилиндрах слишком короткое.

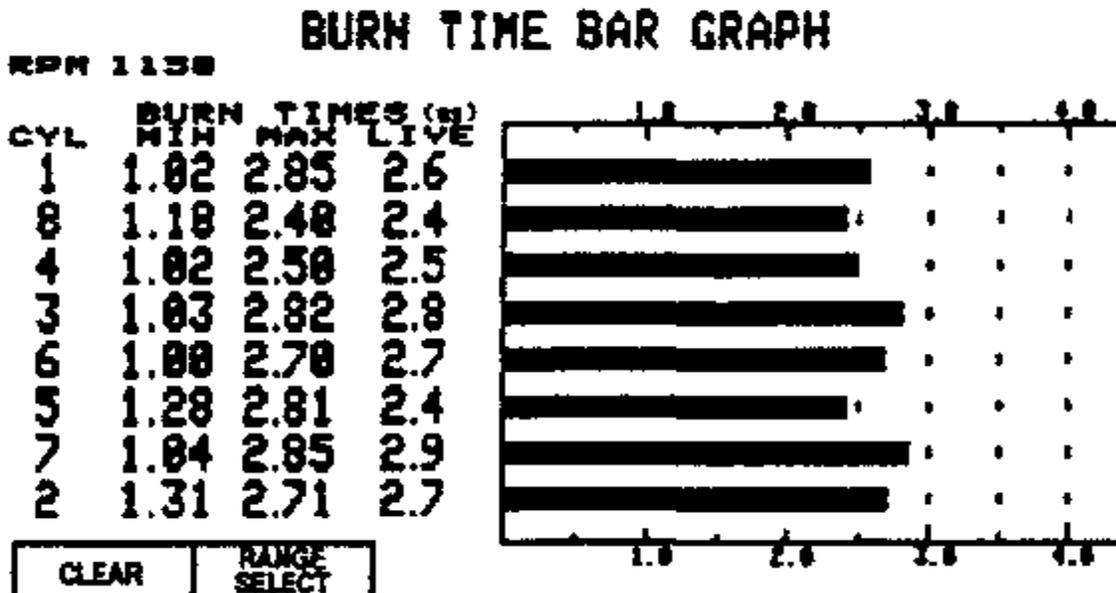


Рис 4.2.43 Время горения искры на всех цилиндрах слишком длинное.

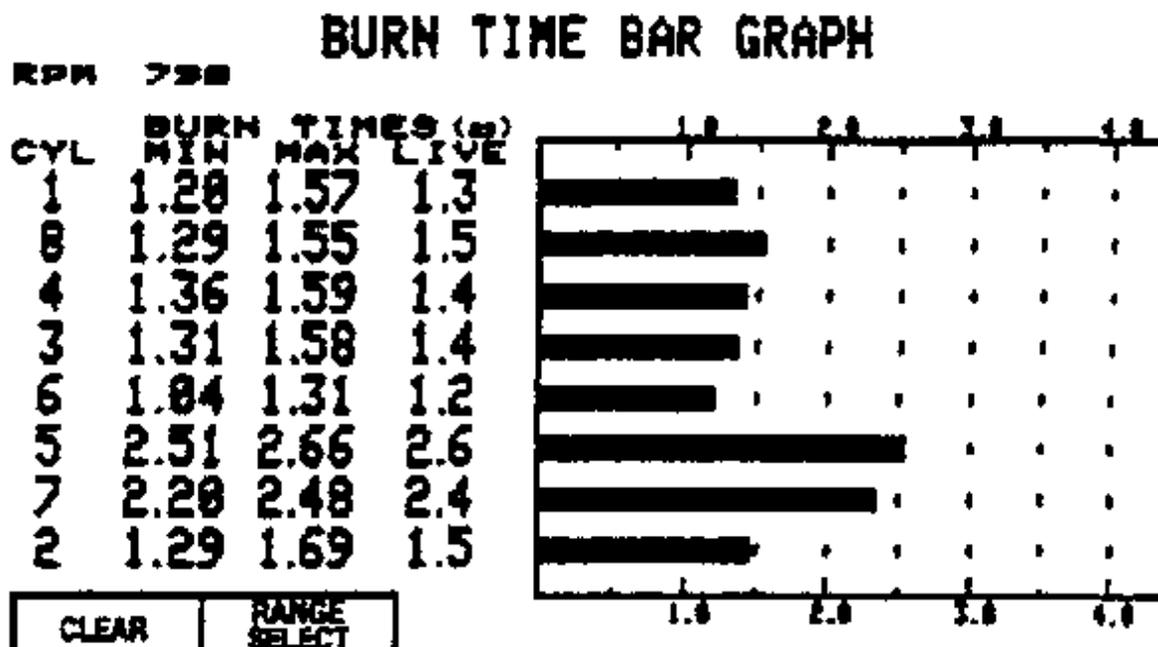


Рис 4.2.44 Смежные цилиндры (5,7) имеют слишком большое время горения искры.

Как видно из приведённых выше примеров анализ системы зажигания даёт большое количество информации, поэтому следует стремиться получить её используя мотортестер во всех доступных режимах.

Следующим режимом, присущим всем мотортестерам является режим осциллоскопа.

Осциллоскоп широко применяется для диагностики автомобиля потому, что он создает колебания сигнала напряжения на линейной осциллограмме относительно прошедшего времени. Осциллоскоп получает сигнал на достаточно высокой скорости, чтобы распознать изменение в уровне напряжения за короткий промежуток времени в несколько микросекунд, записывает и показывает предыдущие колебания напряжения.

Измерение напряжения форсунки Осциллоскопом (Рис 4-64)

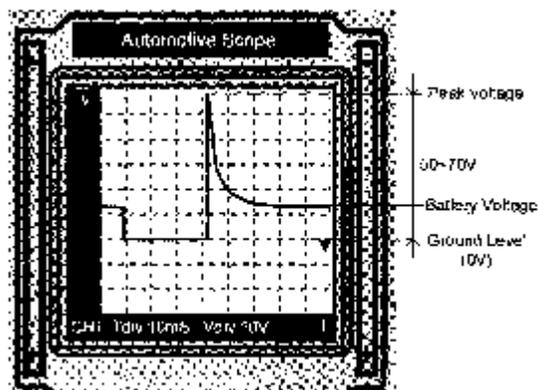


Рис 4.2.45

Горизонтальная ось является осью времени, а вертикальная ось – осью напряжения, которая пропорциональна измеренному уровню напряжения.

Осциллоскоп позволяет легко определить уровень напряжения на осциллограмме благодаря детальной сетке на дисплее. Он дает точные данные, так как имеет программное обеспечение, разработанное с минимальным уровнем ошибок. Можно менять шкалу осциллограммы, регулируя разрешение по времени и напряжению. Например, представим, что одна клеточка сетки показывает 20V и 20mS (1/50 sec) по текущим настройкам разрешения по времени и напряжению. Если настройку разрешения по времени и напряжению изменить на 10V и 10mS (1/100 sec), то осциллограмма будет в 2 раза больше, чем раньше по осям времени и напряжения, всего в 4 раза больше. Поскольку одна сетка показывает только 10V и 10mS, то необходимо 2*2 сетки, чтобы покрыть диапазон в 20V и 20mS.

При использовании разрешения по времени и напряжению диапазон измерений может быть разным: детальный и точный анализ в диапазоне в 1V, 1mS меньше, а анализ кривых и анализ тенденций изменения в диапазоне в 200V, 20S больше.

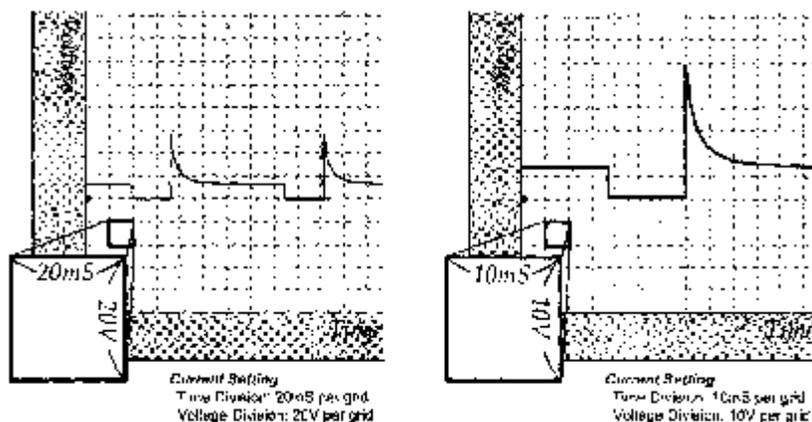


Рис 4.2.46

Как видно на рисунках выше, кривая последнего колебания напряжения остается на дисплее. Время выведения кривой на дисплей зависит от настройки разрешения по времени – чем короче разрешение по времени, тем быстрее выводится кривая и исчезает с экрана. Однако кривая осциллограммы обычно записывается во внутреннюю память осциллоскопа, так что пользователь может вызвать кривую, прокручивая назад.

Осциллоскоп обычно имеет другие полезные функции такие, как курсор (Cursor), триггер (Trigger) и сохранение/вызов (Save/Recall).

Практическое применение осциллоскопа.

Кислородный датчик

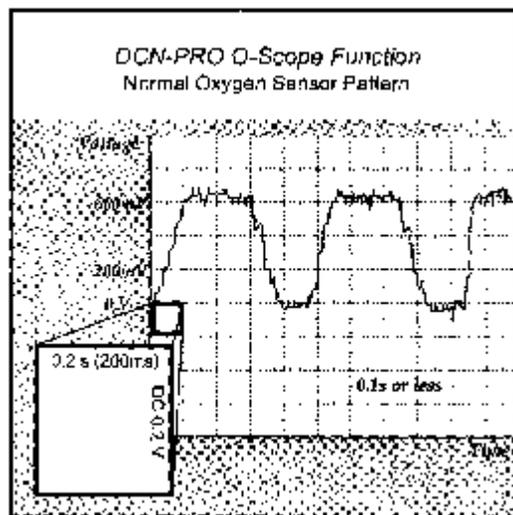
Кислородные датчики бывают двух типов в зависимости от материала ядра: титан и двуокись циркония. Тип кислородного датчика с двуокисью циркония активируется при температуре выше, чем 350°C. Поэтому, датчик не вступает в процесс управления воздушно-топливной смесью до тех пор, пока он достаточно не нагреется. ECU игнорирует сигнал кислородного датчика до тех пор, пока двигатель разогревается и работает, как запрограммировано производителем. Это называется “Closed Loop control”. И наоборот, когда двигатель достаточно разогреет, ECU управляет автомобилем согласно сигналу кислородного датчика, и это называется “Open Loop control”. Цепь нагрева быстро нагревает кислородный датчик для более ранней активации и для того, чтобы сократить время контроля Closed Loop.

Кислородный датчик создает ряд диаграмм сигнала в соответствии с воздушно-топливной смесью, с условиями сгорания и другими факторами. Изучая различные диаграммы, можно продиагностировать систему управления воздушно-топливной смесью, систему зажигания, систему подачи топлива и воздуха и сам кислородный датчик.

Анализ диаграммы кислородного датчика.

Примеры, приведенные ниже, основываются на датчике двуокиси циркония. Пожалуйста, обратите внимание, что датчик на основе титана вырабатывает 0.05-4.95V, а датчик двуокиси циркония вырабатывает 0.05-0.95V в соотношении с количеством кислорода.

Нормальная диаграмма кислородного датчика Рис 4.2.47.



- 1) Диапазон колебаний
 - a. Низкое напряжение должно быть ниже, чем 200mV (0.2V)
 - b. Высокое напряжение должно быть выше, чем 600mV (0.6V)
 - c. Условие тестирования: двигатель должен быть разогрет и частота вращения (RPM) должна составлять 1500-2000 об./мин.
 - Нагрев отработанных газов на холостом ходу может не активировать кислородные датчики без нагрева цепи;
 - Большой нагрев отработанных газов на высоких оборотах двигателя может скрыть дефект датчика.
- 2) Скорость срабатывания
 - a. При увеличении скорости истекшее время для достижения 600mV из 200mV должно составлять 100ms (0.1 сек) или меньше.
 - b. Время для достижения 200mV из 600mV должно составлять 300ms (0.3 сек) или меньше.

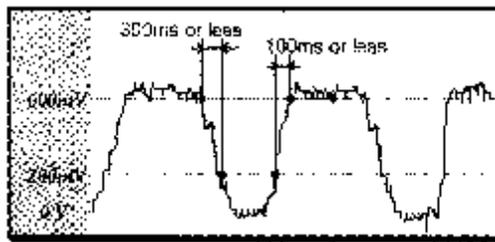


Рис 4.2.48

- 3) Сигнал датчика дроссельной заслонки
 - a. Скорость срабатывания кислородного датчика на сигнал датчика дроссельной заслонки можно измерить, измеряя вместе оба датчика в двухканальном режиме функции двухканального осциллографа (Рис. 4.2.49).

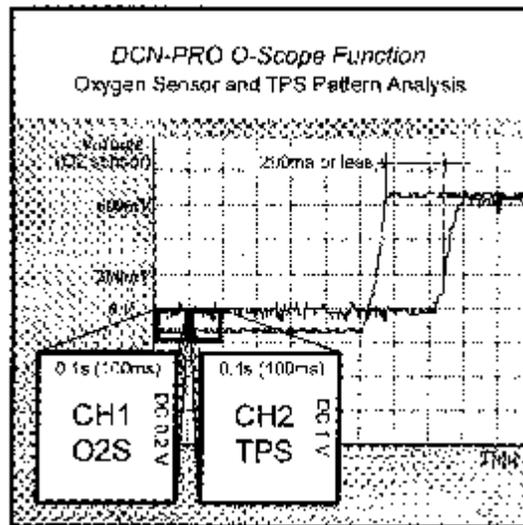


Рис. 4.2.49

- b. Критическая точка – это время от точки, когда датчик дроссельной заслонки достигает своего пика напряжения (широко открытая заслонка), до точки, когда

напряжение кислородного датчика достигает 200mV. Это время должно составлять меньше 200ms (0.2 sec).

В. Кислородный датчик с высоким выходным сигналом.

1) Типичная диаграмма

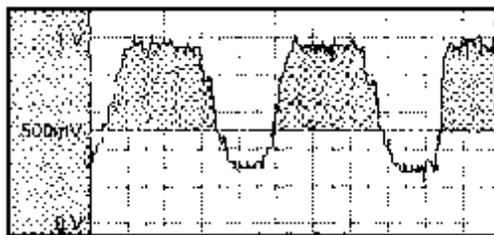


Рис. 4.2.50

2) Возможные ошибки: широкая инжекторная насадка, сбой в работе регулятора давления топлива, блокировка системы подачи воздуха и т.п.

> Чрезмерная подача топлива для сгорания (богатая воздушно-топливная смесь)

3) Вы можете сделать такую же диаграмму, закрыв топливный шланг обратной подачи топлива.

С. Кислородный датчик с низким выходным сигналом.

1) Типичная диаграмма

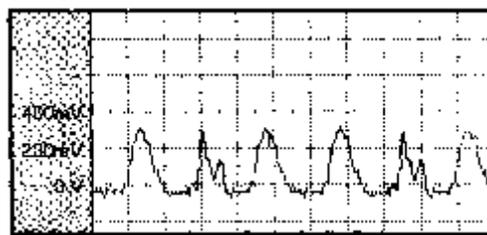


Рис. 4.2.51

2) Возможные ошибки: низкое давление в топливном насосе, утечка в системе подачи топлива и т.д.

> Чрезмерная подача воздуха для сгорания (бедная воздушно-топливная смесь)

3) Из-за недостаточной подачи топлива цилиндрам (другими словами, подача воздуха превышает количество, необходимое для сгорания) сгорание происходит за относительно короткое время, выпуская большую часть кислорода не сгоревшим до CO или NOx. На диаграмме появляются острые зубцы, а высокое напряжение не достигает нормального уровня.

Д. Кислородный датчик с пропуском зажигания

1) Типичная диаграмма

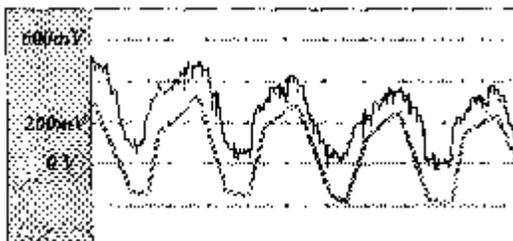


Рис. 4.2.52

- 2) Возможные ошибки: сбой в работе системы зажигания, недостаточное время для зажигания искры, недостаточное напряжение зажигания, неправильное опережение зажигания.
- 3) Даже если к цилиндрам поступает достаточно воздуха и топлива, сгорание будет происходить не полностью по некоторым причинам. Поэтому топливо и воздух, которые не сгорели до CO, H₂O и NO_x, будут выходить из двигателя. Для диаграммы будут характерны наклонные линии высокого напряжения, как показано на рисунке выше. Высокое напряжение также не достигнет нормального уровня.

Расходомер воздуха.

Используются различные методы для подсчета и измерения количества воздуха. Датчики потока воздуха делятся на три типа:

Первый тип – датчик VAF (объем потока воздуха), он включает датчики типа Karman Vortex и тип Potentiometer. Датчик Vortex напрямую измеряет объем потока воздуха путем подсчета импульса, производимого вихрем в коллекторе. Датчик потенциометра измеряет количество воздуха, втягиваемого в двигатель путем отклонения заслонки внутри датчика.

Второй тип – датчики MAF (масса потока воздуха) используют материал с изменениями отрицательного сопротивления для изменения нагрева: типы Hot Coil и Hot Film.

Третий тип – MAP датчик, который производит замер путем измерения разряжения в коллекторе в коллекторе.



Рис. 4.2.53

Анализ диаграммы AFS (датчика потока воздуха)

Поскольку методы обнаружения потока воздуха различаются в зависимости от типа датчиков потока воздуха, то будет соответственно различаться диаграммы и диагностика.

A. Тип Karman Vortex

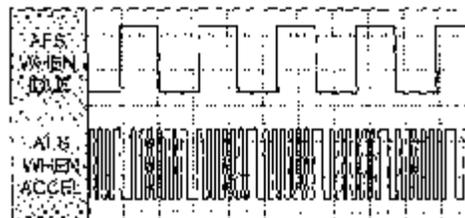


Рис. 4.2.54

Возможные ошибки:

1: Прерывистый пропадающий сигнал.

Вы должны уметь отличать пропадающий сигнал от постоянного повторяющегося опорного сигнала, который шире чем другие.

ECU может не распознать такую незначительную проблему как код ошибок.

2: Сопротивление в цепи заземления

Основная линия диаграммы должна быть ниже, чем 0.4V. Если она выше, чем 0.4V, значит, цепь заземления датчика нарушена.

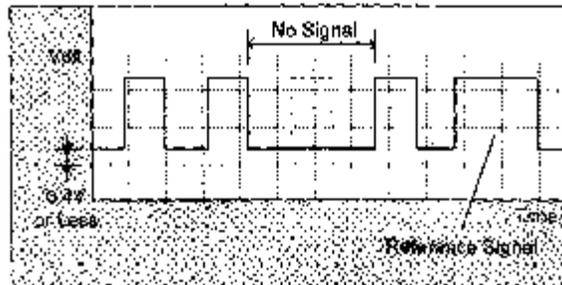


Рис 4.2.55

В. Тип Hot Coil

- 1) Hot Coil показывает отрицательное изменение сопротивления при нагреве. Когда катушка нагревается, сопротивление уменьшается, и поэтому выходное напряжение понижается. И наоборот, когда катушка охлаждается поступающим воздухом, выходное напряжение увеличивается из-за высокого напряжения. Выходное напряжение остается около 0.5V на холостом ходу и увеличивается до 1V при 2000 RPM.
- 2) Осциллоскоп можно использовать для проверки срабатывания датчика на изменения условия движения: ускорение, замедление и на холостом ходу.

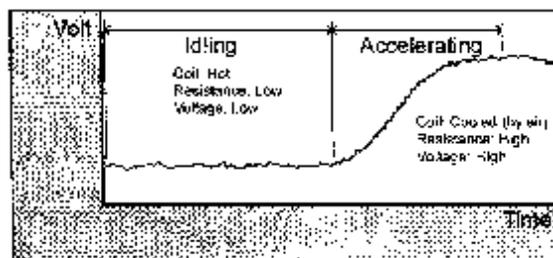


Рис 4.2.56

С. MAP датчик.

Осциллоскоп можно использовать для проверки срабатывания датчика на изменение условия движения: ускорение, замедление и на холостом ходу.

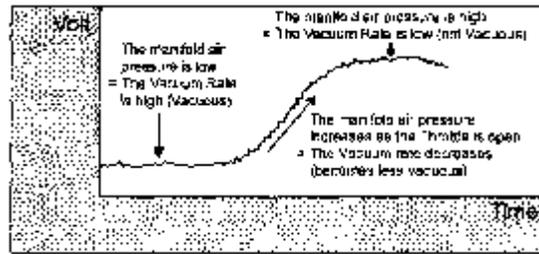


Рис 4.2.57

Датчик температуры охлаждающей жидкости (WTS).

Анализ диаграммы

Сигнал WTS вырабатывает аналоговый сигнал, который изменяется очень медленно..

- 1) Когда двигатель начинает работать, он нагревается и температура повышается до определенной точки, пока охлаждающий вентилятор не включится. Сигнал датчика снизится, т.к. двигатель нагрелся, и затем начнет слегка колебаться на низком уровне. Обратное действие будет повторяться, когда двигатель остановится.

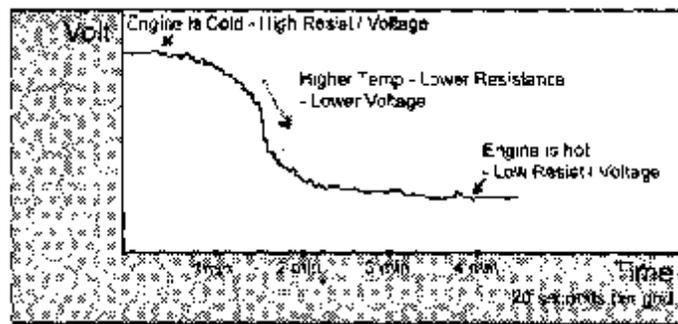


Рис 4.2.58

Датчик дроссельной заслонки (TPS).

Анализ диаграммы

Сигнал напряжения TPS пропорционален открытому углу дроссельной заслонки. Когда водитель увеличивает скорость, дроссельная заслонка открывается шире, а переменное сопротивление становится выше, приводя к высокому сигналу выходного напряжения. И наоборот.

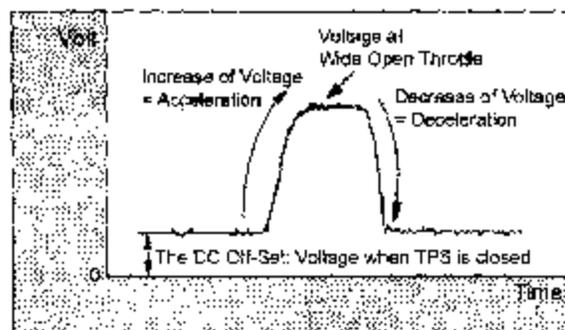


Рис. 4.2.59

Наиболее распространенная ошибка в TPS — нарушение углеродного покрытия, которое является ядром переменного сопротивления. Так как отслаивающиеся части углеродного покрытия становятся свободными от сопротивления, то выходящий сигнал появляется возле основной линии, создавая помехи ECU.

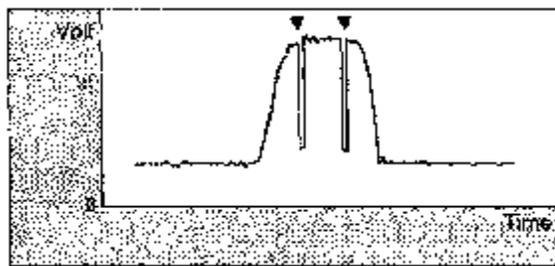


Рис 4.2.60

Клапан холостого хода (ISC).

Существуют различные клапаны холостого хода. Некоторые из них напрямую управляют углом открытия дроссельной заслонки, используя D/C мотор, некоторые управляют количеством поступающего воздуха, контролируя воздушный обходной канал (тип Stepper Motor или Duty Control Valve). Раньше тип клапана холостого хода Stepper motor широко применялся, в настоящее время обычно применяется тип Duty Control Valve.

Тип Stepper Motor

Stepper Motor располагает воздушным перепускным клапаном, вмонтированным в дроссельную заслонку, и используется обычно с распределённой системой впрыска.

Когда stepper motor работает, на диаграмме появляется пульсация (Ripple), как показано на рисунке 4.2.61.

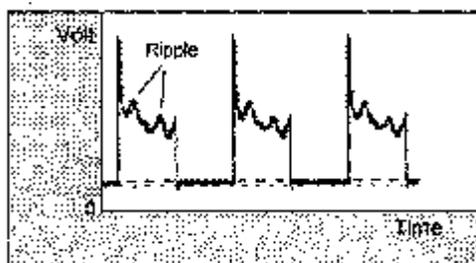


Рис 4.2.61

Могут возникать помехи между зубцами, когда накапливается углерод в игольчатом клапане, подшипник перегружен или плохой контакт кабеля.



Рис 4.2.62

Пульсация может почти исчезнуть, если углерод накопился на головке клапана, застрял подшипник или нарушено заземление.



Рис. 4.2.63

Вторая пульсация может быть гораздо меньше первой, если нарушен двигатель: он начинает работать, но вскоре останавливается.



Рис 4.2.64

Пульсация отсутствует, если двигатель полностью нарушен и не работает из-за накопления углерода или заклинивания подшипника.

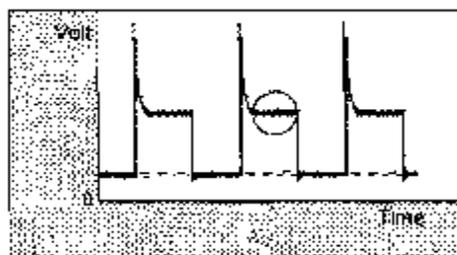


Рис 4..2.65

При нарушении кабеля появится много помех. Если поврежден один из кабелей, вся диаграмма будет нарушена.

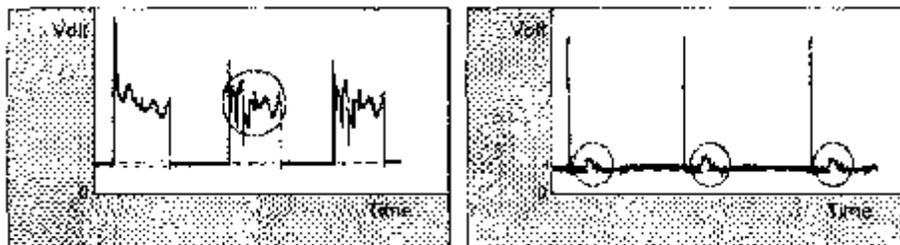


Рис 4.2.66

Клапан холостого хода Duty Control

Рабочий цикл – «скважность» (Duty Cycle)

При измерении рабочего цикла на диаграмме появятся сигналы прямоугольного типа. Рабочий цикл обозначает часть низкого напряжения в одном цикле диаграммы.

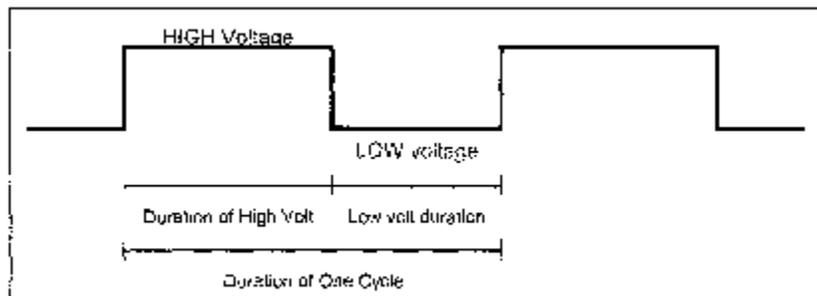


Рис 4.2.67

Низкое напряжение

Рабочий цикл= -----

Один цикл (низкое+высокое)

В диаграмме (Рис 4.2.67) высокое напряжение обозначает, что клапан не двигается – клапан закрыт. Низкое напряжение обозначает, что клапан открыт. Поэтому, чем больше рабочий цикл тем дольше открыт клапан.

Анализ диаграммы

- 1) Duty Cycle особенно полезен для проверки работы клапана холостого хода. Нагрузка на двигатель возрастает, когда работают приборы, потребляющие питание. Поэтому клапан холостого хода увеличивает время своей работы для того, чтобы увеличить количество поступающего воздуха, что ведет к увеличению числа оборотов двигателя для компенсации.
- 2) Поскольку нагрузка на двигатель возрастает за счет включения в автомобиле потребляющих питание приборов, то клапан увеличивает время своей работы. Соответственно, пропорционально увеличивается рабочий цикл.

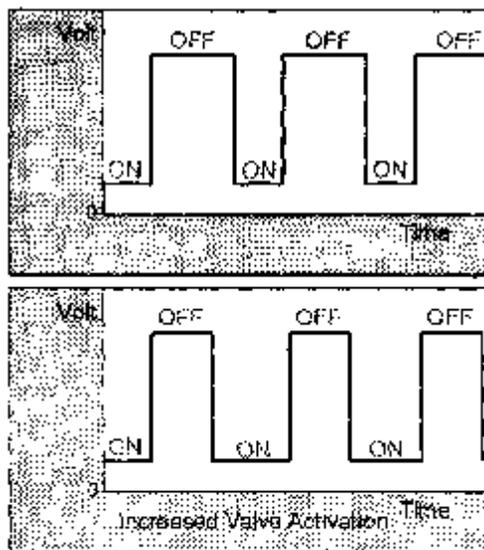


Рис 4.2.69

Использование мультиметра

- 1) Рассчитывать рабочий цикл с диаграммы осциллографа не просто и не удобно. Поэтому рекомендуется использовать мультиметр вместо осциллографа.

- 2) DCN-PRO дает измерения рабочего цикла в функции мультиметра. Мультиметр показывает рассчитанное значение рабочего цикла.

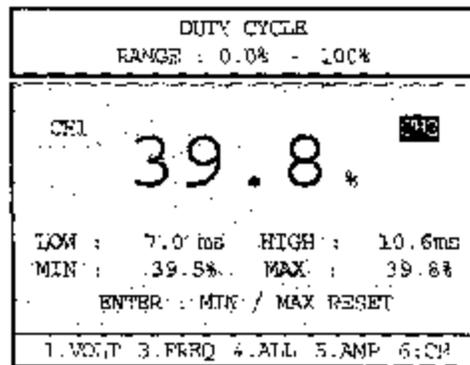
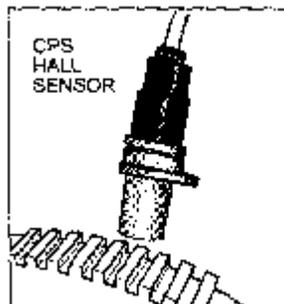


Рис. 4.2.70

- 3) Если клапан холостого хода функционирует неисправно из-за дефекта в цепи клапана или соленоиде клапана, то рабочий цикл будет составлять 50% без изменений относительно изменения в нагрузке на двигатель. 50% рабочего цикла означают, что высокое и низкое напряжения одинаковы.

Датчик положения коленчатого вала (CPS)

Датчик Холла (Hall Effect).



- 1) Внутри датчика Hall есть цепь, которая вырабатывает сигнал в 5V, если он находится возле металлической части на определенной дистанции ($1.0 \pm 0.5 \text{ mm}$) от датчика.
- 2) Когда колесо с зубцами вращается вместе с коленчатым валом, зубцы колеса заставляют датчик вырабатывать повторяющиеся включающиеся и выключающиеся сигналы по мере работы двигателя. Коленчатый вал вращается дважды за один цикл двигателя.
- 3) Каждый сигнал обозначает угол вращения коленчатого вала, и это обычно называется сигнал зубца. Если все зубцы, которые прошли датчик за один оборот двигателя обозначить 'N', то угол на один зубец составит $360/N$ градусов.
- 4) На колесе есть один длинный зубец, который в 3 раза шире, чем другие. Когда длинный зубец проходит датчик, то датчик получает информацию о том, что произошел один полный оборот двигателя. Положение каждого поршня можно определить, подсчитав количество зубцов после длинного зубца. Обычно поршень цилиндра #1 достигает верхней мертвой точки на 19 зубце после длинного зубца.
- 5) Сгорание во всех цилиндрах заставляет коленчатый вал вращаться дважды (два оборота за один цикл). Что касается четырехцилиндрового двигателя, то цилиндры 1 и 3 делают один оборот, цилиндры 4 и 2 другой. Поэтому одни и те же сигналы будут повторяться дважды за цикл, а сигнал кулачка используется для того, чтобы различать первый и второй оборот во время одного цикла.

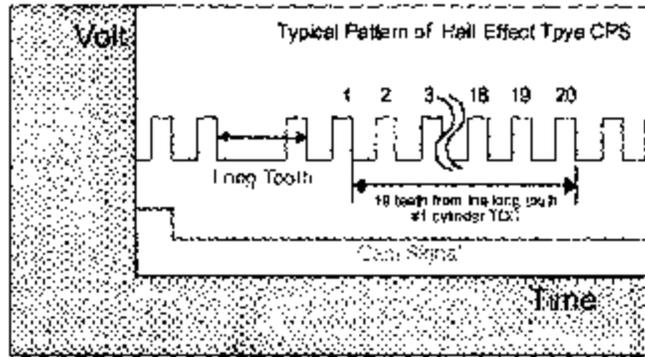


Рис 4.2.71

Анализ диаграммы

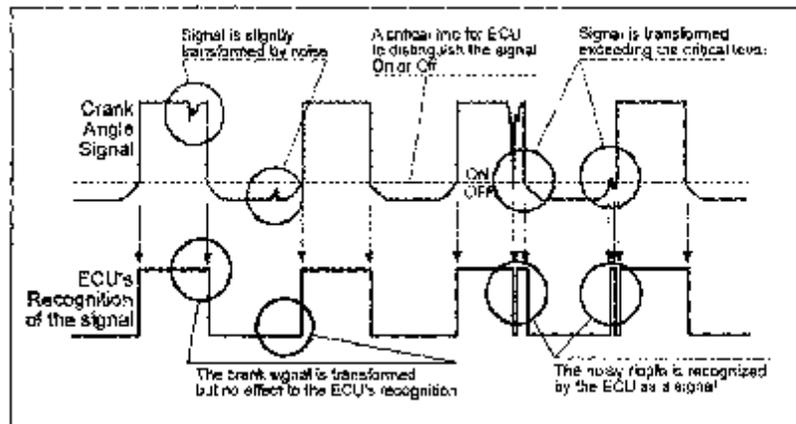
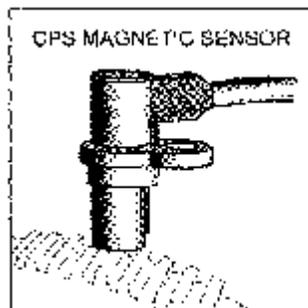


Рис 4.2.72

- a. Существует определенный уровень напряжения, который является критерием для ECU в различении сигнала включения и выключения. ECU распознает сигнал напряжения выше, чем сигнал включения (ON) и ниже, чем сигнал выключения (OFF).
- b. Шумы слева на рисунке 4.91 остаются выше или ниже критического уровня, поэтому это не влияет на сигнал распознавания ECU.
- c. Шумы с правой стороны превышают критический уровень напряжения сверху и снизу, поэтому ECU распознает их как изменение сигнала датчика, что ведет к неправильному подсчету ECU количества зубцов. Эти ошибки можно обнаружить только при помощи осциллоскопа.

Magnetic (магнитный).

Магнитный датчик вырабатывает сигнал в 5V, когда металлический зубец проходит линию магнитного поля.



Анализ диаграммы

Магнитный датчик работает почти по такому же принципу, что и датчик Effect Hall – подсчет числа зубцов. Однако диаграмма будет отличаться, на ней будет синусоидальная волна вместо прямоугольной диаграммы, как показано на рисунке 4.93.

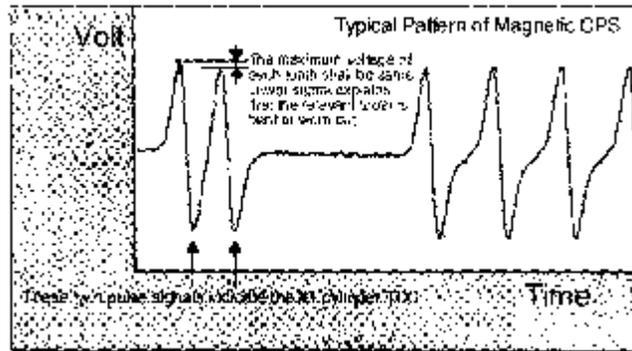


Рис 4.2.73

Так же как и в случае с датчиком Hall Effect, помеха с правой стороны на рисунке 4.94 превышает критический уровень, поэтому ECU распознает ее как один зубец, приводя к неправильному подсчету ECU количества зубцов. Эти ошибки можно обнаружить только при помощи осциллоскопа.

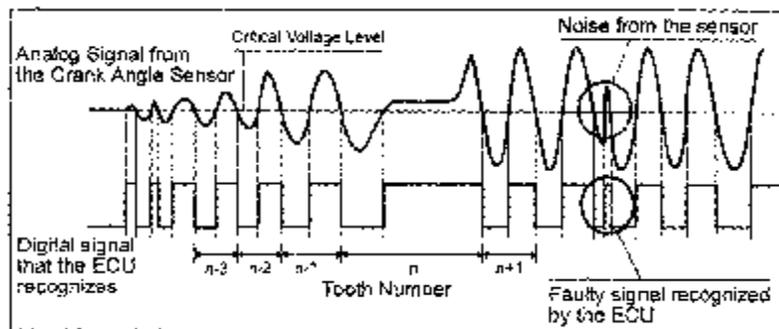


Рис 4.2.74

Optical (оптический).

Оптический датчик положения коленчатого вала состоит из пластины с прорезями (обычно такое количество, сколько цилиндров) на ней и двух диодов: один LED, который излучает свет на пластину, а другой – фотодиод, который вырабатывает сигнал в 5V, когда на него попадает свет от LED.

Анализ диаграммы нужно проводить так же, как и для датчика Hall Effect.

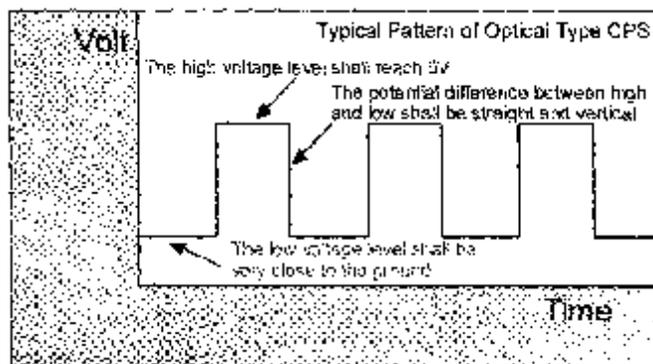


Рис 4.2.75

Форсунка

Форсунка – это соленоидный клапан. Клапан открывается электромагнитной силой, вырабатываемой соленоидом, когда подается электропитание, и закрывается при помощи пружины, когда питание отключено.

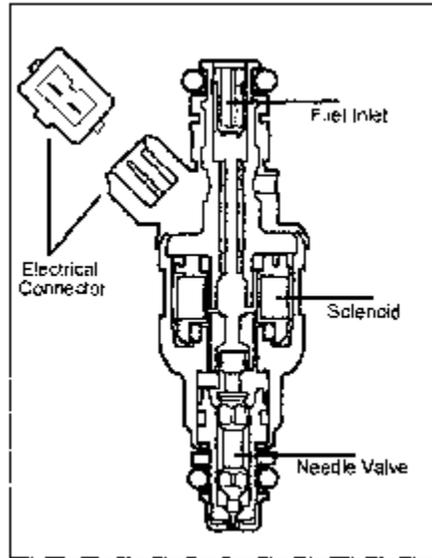


Рис 4.2.76

Обычно внутренняя цепь ECU контролирует полюс заземления. ECU управляет форсункой путем подачи и отключения питания в 12V. Поэтому, когда кабель заземления – это короткая цепь с кабелем или металлической частью на земле, форсунка будет открытой, постепенно выпуская топливо, пока работает двигатель. В этой ситуации при чрезмерной подаче топлива оно будет выходить не сгоревшим, и это может разрушить катализатор. Если кабель заземления форсунки и батарея в 12V – это короткая цепь, то питание в 12V будет напрямую поступать к ECU, приводя к сбою в работе ECU.

Анализ диаграммы

А. Нормальная диаграмма



Рис 4.2.77

- В. Диаграмма форсунки с нарушением.
- 1) Появляется много помех, когда инжекторный клапан открыт
 - а. Существует небольшое сопротивление между полюсом форсунки (-) и ECU.
 - б. Соединение между полюсом форсунки (-) и ECU нарушено.

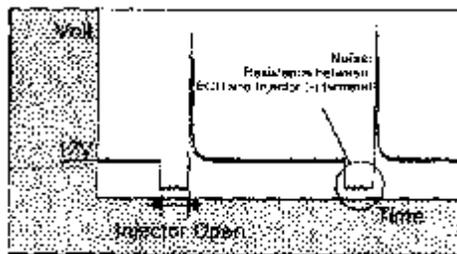


Рис 4.2.78

- 2) Пик напряжения низкий
 - а. Недостаточная подача питания форсунке из-за сопротивления между полюсом батареи (+) и форсункой
 - б. Катушка форсунки повреждена

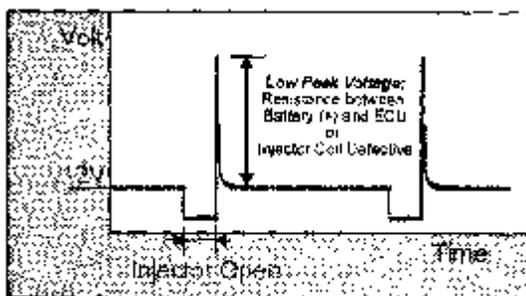


Рис 4.2.79

- 3) Низкое напряжение не стабильно и увеличивается

Существует большое сопротивление между полюсом форсунки (-) и ECU.

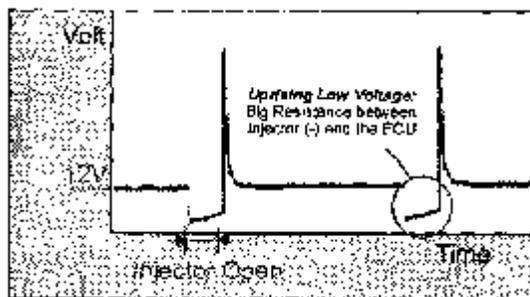


Рис 4.2.80

Таким образом мы рассмотрели основные примеры использования мотортестеров в режиме анализаторов систем зажигания, осциллографа и мультиметра.

Как правило данные режимы не являются исчерпывающими и могут дополняться другими функциями в зависимости от конструкции самого мотортестера.

3. Диагностирование СУД с использованием газоанализаторов.

Газоанализатор является необходимым компонентом диагностического комплекса, поскольку только с его помощью можно судить о соответствии выходных параметров работы двигателя установленным нормам.

Перед началом работы необходимо убедиться, что система отвода отработавших газов автомобиля на всём протяжении герметична, иначе в показания прибора будут внесены искажения за счёт подсоса воздуха из атмосферы.

На некоторых автомобилях установлены специальные заборники на выхлопном коллекторе для отбора проб отработавших газов. В таком случае целесообразно подключать газоанализатор к ним, так как в этом случае на показания прибора не будет влиять работа каталитического нейтрализатора. Если таких заборников нет, то тогда отбор производится из выхлопной трубы.

Выделение несгоревших углеводородов (НС).

Количество углеводородов НС в выхлопных газах характеризует полноту сгорания топлива – воздушной смеси.

При устранении основных проблем, связанных с повышенным содержанием НС, достигается максимальная экономия и лучшие эксплуатационные качества.

Уменьшение состава углеводородов (НС) является возможным посредством:

- правильного сгорания топлива в камере сгорания, зависящего также и от формы самой камеры;

- правильной регулировки зажигания;

- догорания во время выхлопа (с помощью каталитического нейтрализатора).

Большое количество углеводородов (НС) выбрасывается автомобилем через:

- вентиляционный отвод топливного бака;

- утечки из поплавковой камеры карбюратора;

- системы фильтрации воздуха;

- картер двигателя.

Очевидно, что при поддержании постоянного контроля над данными механизмами гарантируется правильный выпуск отработанных газов. Кроме того, с помощью экологических устройств пары углеводородов (НС) исходящие из топливного бака и поплавковой камеры карбюратора собираются во вспомогательном бачке с активированным углём (адсорбере) и, вместе с парами из картера двигателя, снова направляются в систему питания.

Анализ НС во время диагностики.

Что касается измерения количества несгоревших углеводородов (НС), применяется единица в "частях на миллион" (р.р.м.), которая позволяет более ясно представить процент концентрации вещества. Приблизительным соотношением между р.р.м. НС и процентным содержанием НС является следующее:

- если не сгорает 0.1 % смеси, образуется около 20 р.р.м. НС

- если не сгорает 1 % смеси, образуется около 200 р.р.м. НС

Разумная концентрация углеводородов (НС) в реальных условиях равна от, минимум, **5 р.р.м.** до **500 р.р.м.**

Типичные значения НС:

- Карбюраторный двигатель старой конструкции – 300 р.р.м.;

- Карбюраторный двигатель новой конструкции – 200 р.р.м.;

- Двигатель с системой впрыска старой конструкции – 200 р.р.м.;

- Двигатель с системой впрыска новой конструкции – 100 р.р.м.;

- Двигатель с системой впрыска новой конструкции с нейтрализатором – 60-100 р.р.м.;

Следует обратиться к характеристикам, приведённым изготовителем конкретного автомобиля. Высокое содержание НС часто вызвано проблемами в системе зажигания: из-за какого либо дефекта зажигания вырабатывается слабая искра, не совпадает с тактом во времени и является слишком короткой по продолжительности. В результате появляется большое количество несгоревших веществ (НС), попадающих в выхлопную трубу. А также неправильно отрегулированная смесь, слишком " богатая" или "бедная" может вызвать повышение количества выделяемых углеводородов (НС). Для простоты изложения, приводится краткий перечень типичных проблем, из-за которых образуется чрезмерное количество углеводородов (НС):

Проблемы в ЗАЖИГАНИИ:

- неправильное напряжение на выходе вторичной обмотки катушки зажигания, высокое напряжение на распределителе или дефект кабелей системы зажигания;
- не отрегулирован зазор между электродами свечей, свечи загрязнены, изношены;
- слишком большой угол опережения зажигания.

Проблемы в составе рабочей СМЕСИ:

- нестехиометрическое соотношение горючей смеси (если смесь слишком "богатая", то для полного окисления будет недостаточно свободного кислорода O_2 и не участвующие в реакции углеводороды попадут в выхлопные газы, если же смесь слишком "бедная" будут возникать пропуски воспламенения смеси и несгоревшее топливо будет причиной повышенного содержания НС);

- попадание дополнительного воздуха во впускной коллектор;
- неисправность системы улавливания паров топлива;
- неисправность в форсунках, вызывающая "капание" (а не распыление смеси).
- низкое качество распыла топлива форсунками и, вследствие этого неоднородность топлива – воздушной смеси в цилиндрах;
- существенные отличия текущей пропускной способности форсунок отдельных цилиндров (более 20% от средней между ними) ввиду чего система управления не может подобрать время впрыска, обеспечивающее приемлемую точность дозирования для всех цилиндров;
- слишком большое время впрыска;
- негерметичность пусковой или рабочих форсунок;
- неисправности в работе термовременного реле, датчиков температуры охлаждающей жидкости или температуры всасываемого воздуха;
- неправильное давление топлива.

Проблемы в ДВИГАТЕЛЕ:

- неправильно отрегулированы клапана или фазы газораспределения;
- двигатель потребляет слишком много масла из-за изношенных маслосъёмных колец или уплотнений клапанов;
- низкая компрессия двигателя, проблемы в поршневой или негерметичны клапана;

Фактически, преобладающей причиной являются проблемы в системе зажигания.

Выделение окиси углерода (СО).

Данная ситуация создаётся тогда, когда горючая смесь является "богатой", вызывая тем самым чрезмерный расход топлива. Концентрация СО достигает своего апогея в цилиндре во время горения; во время следующего за этим такта расширения часть этого газа окисляется и превращается в CO_2 (углекислый газ). При наличии "бедной" смеси концентрация СО в выхлопных газах обусловлена, прежде всего, неоднородным

распределением смеси и изменением её состава в зависимости от цикла сгорания. В отличие от СН, СО образуется только в результате сгорания. Например, отсутствие зажигания вызовет повышение содержания СН, но так как не было сгорания, СО в выхлопных газах не будет. Наоборот, богатая смесь является причиной повышенного содержания СО и СН одновременно : высокое содержание СО -- из-за недостатка кислорода во время сгорания, высокое содержание СН из-за неполного сгорания топлива и его выброса в выхлопную систему.

Анализ СО во время диагностики.

Концентрация СО измеряется в процентах от выделенных газов. В автомобилях современного производства данный процентный состав, как правило, находится в пределах от **0,5%** до **2,5%**. Двигатели, оснащённые каталитическим конвертером (катализатором) имеют довольно низкие величины выделений, порядка **0,1%** (пробы взяты из выхлопной трубы).

Высокий уровень СО обусловлен, главным образом, слишком "богатым" соотношением воздуха к бензину в горючей смеси. Данный недостаток, связанный с составом горючей смеси, порождает частичное окисление, образуя при этом СО вместо СО₂ (горение представляет собой бурное окисление, следовательно, определяющим для данного процесса является количество кислорода).

Ещё одним следствием избытка топлива в рабочей смеси является избыточное образование углеродистых остатков (отложения), осаждающихся на клапанах, в рабочей камере, на поршнях и на свечах. Данные отложения вызывают явления самозажигания (детонацию) и разрушение двигателя.

Для простоты изложения приводится краткий перечень типичных проблем, из-за которых образуется чрезмерное количество СО:

Проблемы в рабочей СМЕСИ:

- отрегулирован низкий режим холостых оборотов;
- неисправен насос-ускоритель карбюратора;
- неисправна пусковая система или система обогащения при прогреве;
- ослабли топливные жиклёры карбюратора;
- слишком высокое давление топлива – неисправность регулятора системного давления или непроходимость магистрали возврата топлива в бак;
- слишком большое время впрыска или низкое управляющее давление вследствие неисправных датчиков расхода воздуха, температуры, абсолютного давления, а также регулятора управляющего давления и электрогидравлического регулятора;
- снижение давления начала открытия механических форсунок;
- неисправность петли обратной связи по сигналу лямбда – зонда;
- плохо отрегулирован уровень топлива в поплавковой камере.

Проблемы, связанные со снабжением ВОЗДУХА:

- забит воздушный фильтр;
- забиты воздушные жиклёры карбюратора.

Проблемы, связанные с ДВИГАТЕЛЕМ:

- неправильная регулировка клапанов.

Фактически, преобладающей причиной является слишком богатая рабочая смесь, проблемы которой приведены выше.

Следует помнить, что, как и для СН, содержание СО в выхлопных газах снижается каталитическим нейтрализатором.

Углекислый газ СО₂.

Это превосходный индикатор эффективности сгорания. Если содержание углекислого газа в выхлопе достигает максимальной величины, это значит, что двигатель работает с наибольшей эффективностью, независимо от того, оборудован ли двигатель катализатором или нет. Обычно содержание СО₂ в выхлопных газах должно быть 12-15%.

Причины низкого содержания CO₂:

- Неверная регулировка смеси;
- Неверная регулировка угла опережения зажигания;
- Загрязнение воздушного фильтра;
- Негерметичность выхлопной системы;
- Нарушение фаз газораспределения;
- Снижение компрессии.

Выделение кислорода (O₂).

Кислород является главным элементом для любой смеси и присутствует в атмосфере в концентрации порядка 20,78%.

Измерение процентного содержания кислорода, присутствующего в смеси выхлопных газов осуществляется с помощью использования электрохимического датчика. Измерение выполняется также в объёмном проценте (% vol.). Датчик подаёт напряжение, пропорциональное содержанию кислорода, присутствующего в горючей смеси. При оптимальных условиях работы двигателя процент кислорода, присутствующего в выхлопных газах должен быть ниже **2%**.

Анализ O₂ во время диагностики.

Количество кислорода, измеренного в выхлопных газах, может указывать на количество рабочей смеси в камере сгорания в случае, если произошло полное сгорание кислорода.

Причинами высокого содержания O₂ в выхлопных газах являются следующие:

- слишком высокая концентрация несгоревших углеводородов (HC) (при наличии несгоревшего топлива в выхлопной трубе) означает наличие большого количества окислителя O₂);
- утечки в системе подачи воздуха;
- утечки в системе выпуска газов;
- утечки в зонде для контроля выхлопных газов;
- утечки в корпусе воздушного фильтра;
- слишком "бедная" рабочая смесь в одном или нескольких цилиндрах.

Высокое содержание O₂ обусловлено в основном дефектами в герметичности, отрицательно влияющими на параметры рабочей смеси. Процент кислорода, имеющегося в смеси, увеличивается в случае наличия дефектов в системе зажигания, какого либо из цилиндров (пропуски зажигания).

СПРАВОЧНАЯ ТАБЛИЦА ТОЛКОВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА

| Газы | Холостные обороты | 1000 об/мин | 2500 об/мин. | Замечания | Типичные дефекты | Другие признаки |
|-----------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------------|---|---|
| CO | повышен | повыш. | повыш. | повышен на всех обор. | - Богатая смесь - ослабло крепл. крышки карбюратора - забит воздушный фильтр - неисправен стартер - неисправен карбюратор - высок, уровень топлива в карбюраторе | - чёрный дым из выхлопной трубы – повышенный расход |
| HC | норма | норма | норма | около нормы | | |
| CO ₂ | низкий | низкий | низкий | постоянно низкий | | |
| O ₂ | норма | норма | норма | постоянно норма | | |
| CO | повышен. | повыш. | норма | Повышен на низк. об. | - Богатая смесь - Плохо отрегулирован карбюратор - Проблемы жиклёра | - чёрный дым из выхлопной трубы – повышенный расход – |
| HC | повышен | норма | норма | пов. на низк. | | |

| Газы | Холостые обороты | 1000 об/мин | 2500 об/мин. | Замечания | Типичные дефекты | Другие признаки |
|-----------------|------------------|-------------|--------------|-----------------------------|---|---|
| CO ₂ | низкий | норма | норма | низк. на хол. | холостых оборотов | неустойчивые холостые обороты |
| O ₂ | норма | норма | норма | пост. на хол. | | |
| CO | повышен | норма | норма | пов. на хол. | - Богатая смесь - Плохо отрегулированы холостые обороты, - Ослаблен жиклёр холостого хода! - Бедная смесь - Плохо отрегулирован карбюратор. - попадание дополнительного воздуха | - повышенный расход - неустойчивые холостые обороты |
| HC | норма | норма | норма | около нормы | | |
| CO ₂ | низкий | норма | норма | низк. на хол. | | |
| O ₂ | норма | норма | норма | пост. на хол. | | |
| CO | низкий | норма | норма | низк. на хол. | | |
| HC | повышен | норма | норма | пов. на хол. | - Дефект зажигания - Дефект контактов / не отрегулированы - Порваны кабели высок. напр. - Неисправны /не отрегулированы свечи - Неисправен конденсатор - Перепутаны провода свечей - Трещина в крышке трамблера - Слишком большой угол опережения | - неустойчивые Холостые обороты – недостаточная приёмистость - возвраты пламени |
| CO ₂ | низкий | норма | норма | низк. на хол. | | |
| O ₂ | высокий | норма | норма | высок, на хол | | |
| CO | норма | норма | норма | около нормы | | |
| HC | повышен | повышен»- | повышен | пост. выше! | - Потери компрессии, расход масла. - Неисправны клапана - Износ поршневой - Износ цилиндров - Подсос воздуха во впускном коллекторе | - повышенный расход - неустойчивые холостые обороты – потери мощности |
| CO ₂ | низкий | низкий | низкий | низк. на хол. | | |
| O ₂ | высокий | высокий? | высокий | пост. высокий | | |
| CO | норма | норма | норма | около нормы | | |
| HC | повышен | повышен!- | норма | повышен на холост, об. | | |
| CO ₂ | низкий | низкий | норма | низкий на холост, об. | - дефект зажигания - Повышен угол центробежного регулятора | - низкая компрессия |
| O ₂ | высокий | высокий? | норма | высокий на холост, об. | | |
| CO | норма | норма | норма | около нормы | | |
| HC | норма | норма | повышен | повышен на высоких оборотах | | - повышенный расход - потери мощности |
| CO ₂ | норма | норма | низкий | | | |

| Газы | Холостые обороты | 1000 об/мин | 2500 об/мин. | Замечания | Типичные дефекты | Другие признаки |
|----------------|------------------|-------------|--------------|-----------|--|-----------------|
| O ₂ | норма | норма | норма | | опережения зажигания - Повышен угол вакуумного корректора опережения зажигания - Неиспр. в заж. на высоких оборотах - Малый зазор между электр. свеч - Неисправна катушка зажигания | |

Рис. 4.3.1

Проверка каталитического катализатора с помощью газоанализатора, если нет возможности сравнить состав выхлопных газов до и после нейтрализатора.

У правильно отрегулированного двигателя с каталитическим нейтрализатором выхлопных газов содержание O₂ примерно равно содержанию CO. Если содержание O₂ превышает содержание CO и содержание CO выше 0,5%, то каталитический нейтрализатор неисправен.

4. Использование информационно-справочных систем.

Как уже было отмечено выше, современные технические средства диагностики позволяют измерять и представлять результаты измерений в различных видах для большого числа параметров. Однако, для задач технической диагностики этого недостаточно. Необходимо на основании измерений сделать вывод о исправности (или неисправности) конкретного датчика или исполнительного механизма, а для этого необходимо сравнить измеряемое значение параметра с его эталонным значением, установленным изготовителем. Для этого существуют информационно-справочные системы (ИСС).

Информационно-справочные системы можно условно разделить на следующие виды:

1. По типу носителя информации:

- печатные издания (справочники, руководства по ремонту и т.п.);
- на носителях для РС (компакт-диски, флоппи-диски).

2. По объёму информации.

- специализированные (по конкретной марке автомобиля, или по всем маркам одного изготовителя);
- универсальные.

Принцип работы со всеми ИСС одинаков – по данным автомобиля (марка, модель, год выпуска, тип двигателя) пользователь входит в соответствующий раздел ИСС и там выбирает интересующую его информацию по конкретному параметру.

Примером универсальной печатной ИСС является справочник Autodata «Регулировочные данные».

В основных таблицах на пересечении соответствующей строки и столбца находим значение интересующего нас параметра.

Примером универсальной ИСС на компакт дисках может служить Mitchel.

ИСС состоит из 2-х инсталляционных дискетов и 14 информационных CD.

После инсталляции программы на PC, пользователь входит в главное меню и по году выпуска, марке и модели запрашивает интересующий его автомобиль. После этого система требует вставить в дисковод соответствующий информационный CD и после его прочтения выводит меню в котором пользователь выбирает интересующий его раздел.

Следует отметить, что ни одна универсальная ИСС не обладает всей полнотой информации по конкретному автомобилю, поэтому как правило её приходится дополнять специализированными ИСС.

Примерами специализированных ИСС для PC являются:

- Elsa – для автомобилей группы VAG.
- WIS – для автомобилей Mercedes.

Принцип поиска информации во всех ИСС для PC примерно одинаков и как правило не составляет для пользователя особых проблем.

Как преимущество ИСС для PC следует отметить наличие в них электрических схем СУД, что очень удобно для диагноста. Схему можно распечатать и работать с ней непосредственно на автомобиле. Печатные справочники как правило громоздки и при таком режиме использования быстро рвутся и работать с ними становится неудобно.

На рисунке 4.4.1 приведена электрическая схема СУД из ИСС Mitchel

